

DOI: 10.20535/2707-2096.7.2022.267556

УДК 622.276.6

А. П. Горovenko*, к.т.н.,ст.н.с.

Д. Б. Венгрович, к.ф.-м.н., керівник від.

Г. П. Шерemet, к.ф.-м.н., м.н.с.

Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, м. Київ, Україна

*Відповідальний автор: gap1944@ukr.net

Стаття подана 29.12.2021; Стаття прийнята 15.06.2022

ФІЛЬТРАЦІЯ ВУГЛЕВОДНІВ КЕРНАМИ ПОРИСТОГО СЕРЕДОВИЩА В ПОЛІ АКУСТИЧНИХ КОЛИВАНЬ

Мета та завдання. Була поставлена мета дослідити вплив акустичних коливань на фільтрацію вуглеводнів пористим середовищем. Для цього було виготовлено експериментальну установку, підсилювач та п'єзовипромінювач акустичних коливань; підготовлені керни піщаника, виконані досліди та проведена оцінка маси фільтрованої рідини.

Методи дослідження. В лабораторних умовах виконане експериментальне дослідження впливу акустичних коливань частотою 2,7 кГц на фільтрацію вуглеводнів керном піщаника для різних тисків. Підсилені коливання від електронного генератора подавались на п'єзовипромінювач розташований в кернотримачі, який був заповнений моторним мастилом; тиск в мастилі змінювали за допомогою редуктора та манометрів. Маса фільтрованого керном мастила вимірювалось електронними терезами.

Наукова новизна. Встановлено, що акустичні коливання ефективно впливають на фільтрацію вуглеводнів пористим середовищем і збільшують фільтрацію на десятки процентів.

Висновки та практичне значення. Досліди показали, що акустичні коливання в пористому середовищі заповненому вуглеводнями підвищують фільтрацію вуглеводнів. Використання акустичних коливань для обробки навколо фільтрового простору свердловин дозволить підвищити дебіт свердловин.

Ключові слова: фільтрація вуглеводнів; пористе середовище; акустичні коливання; свердловина; навколо фільтрова область; дебіт.

ВСТУП

Одним з ключових чинників, що негативно впливають на експлуатаційну надійність **Актуальність теми.** Підвищення дебіту свердловин є важливою науково-практичною задачею, її рішенням може бути очистка при фільтрової зони від кольматанту і покращення фільтрації корисного флюїда під дією акустичних коливань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботі [1] був досліджений вплив низькочастотних хвиль на фільтрацію вуглеводнів насипним середовищем при малих тисках. Необхідно виконати досліди для реальних кернів із свердловин, для більших тисків та для точних значень частоти акустичних коливань від електронного генератора.

Постановка завдання. Була поставлена задача дослідити вплив акустичних коливань на фільтрацію вуглеводнів керном пористого середовища для різних тисків.

В роботі наведені результати експериментального дослідження фільтрації вуглеводнів керном пористого середовища при наявності акустичних коливань з частотою 2,7 кГц. Кернотримач був заповнений моторним мастилом в якому знаходився п'єзовипромінювач акустичних коливань; електричний сигнал до випромінювача формувався генератором та підсилювачем. Досліди показали, що при наявності акустичних коливань фільтрація моторного масла керном піщаника зростає на десятки % по відношенню до величини фільтрації у відсутності акустичних коливань.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Дослідження дії акустичних хвиль на фільтрацію флюїду в нафтогазових пластах має важливе наукове та прикладне значення, зокрема для підвищення дебіту геотехнічних споруд - свердловин на воду та нафтових свердловин. Інтенсифікація видобутку покладів вуглеводнів проводиться в межах широкого спектру технологій: дія вибухів в торпедах, використання поверхнево активних речовин та електрогідралічного ефекту, дія акустичних хвиль на пористе середовище з рідиною. Останній метод є високотехнологічним, екологічно безпечним, маловартісним; в силу вищенаведених причин розвитку даного методу приділяють значну увагу, наприклад роботи [1]–[10].

Результати дослідів з акустичними хвилями свідчать про зміну поверхневого натягу та в'язкості рідини; зменшується ефективне тертя між породою та флюїдом і як наслідок – підвищується рухливість флюїду. Деякі автори вважають, що може мати місце резонансний характер взаємодії акустичних хвиль з пористим середовищем та вказують на можливість кавітації на стінках капілярів [8]; різні точки зору вказують на складність механізмів взаємодії акустичних хвиль з середовищем пластів і на необхідність проведення подальших досліджень, зокрема в зв'язку зі зміною напружено-деформованого стану фільтрової зони колектора в процесі експлуатації родовища [11].

З метою дослідити механізми впливу акустичних хвиль на швидкість фільтрації рідини кернами з нафтогазових свердловин, нами розроблена, виготовлена в металі та відлагоджена експериментальна установка, як інструмент дослідження фільтрації в широкому діапазоні тисків та частот акустичних хвиль.

На рисунку 1 наведена блок-схема експериментальної установки для дослідження фільтрації рідини (вуглеводні, вода) кернами пористих середовищ (пісковик, вапняк і т.п.).

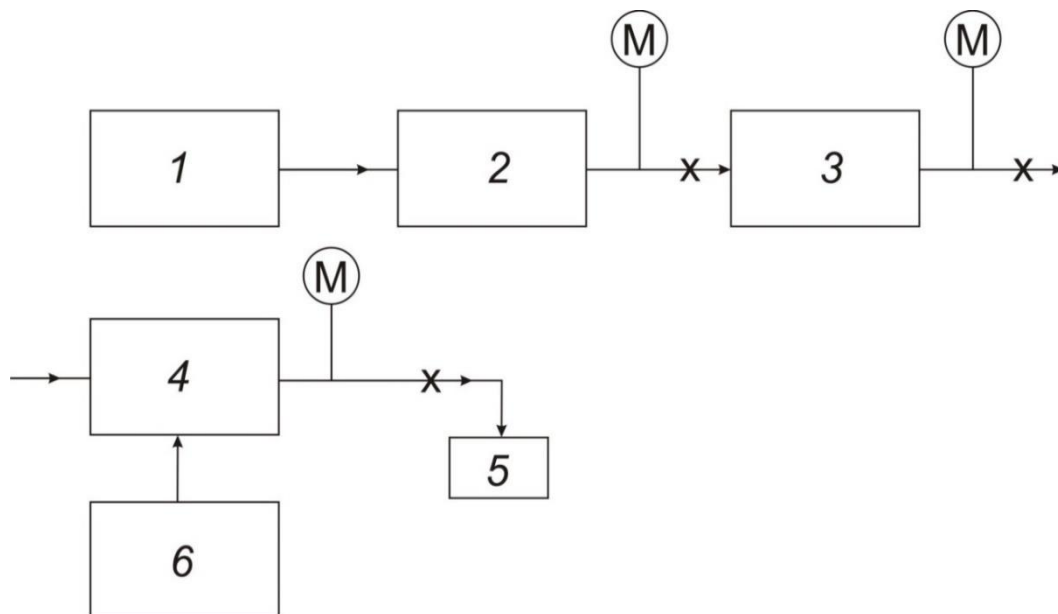


Рисунок 1 - Блок-схема експериментальної установки для дослідження фільтрації:
 1 – балон з газом високого тиску; 2 – редуктор; 3 – ресивер; 4 – кернотримач; 5 – точні терези; 6 – генератор акустичних коливань; X – крани; M – манометри.

Ресивер – це ємність з рідиною, він використовується для стабілізації процесу. Кернотримач з'єднаний з ресивером маслостійким шлангом для подачі рідини під тиском до керна; до випромінювача акустичних коливань в кернаотримачі підведений електричний сигнал від генератора електричних коливань. Конструкції ресивера та кернаотримача приведені на рисунку 2.

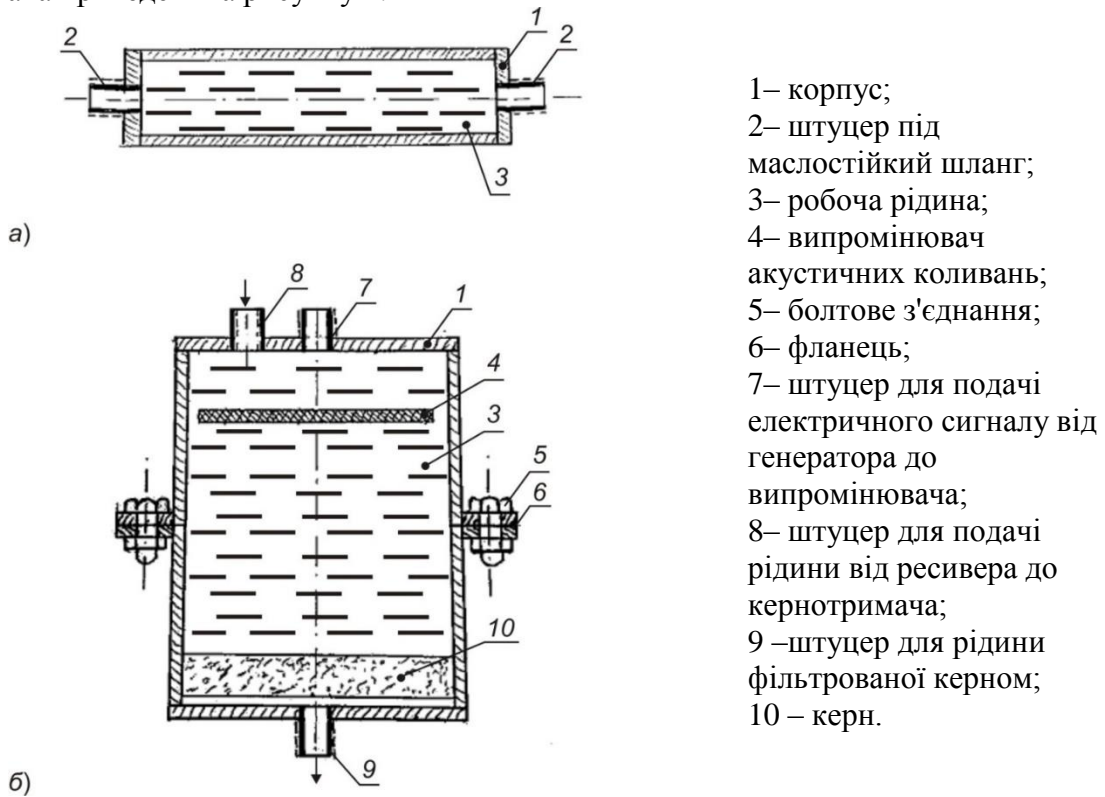


Рисунок 2- Конструкція ресивера (а) та кернаотримача (б)

В якості випромінювачів акустичних коливань можуть бути використані п'єзоелементи різної геометрії: диски, кільця, циліндри, випромінювачі Ланжевена; на рис.3 наведена конструкція кернаотримача з випромінювачем Ланжевена.

Тиск в кернаотримачі міг змінюватись за допомогою газового балона, редуктора, ресивера та контролювався манометрами; маса фільтрованої кернаотримача рідини вимірювалась електронними терезами.

До складу експериментальної установки входять: генератор ГЗ-109, потужний підсилювач на пентодах Г-807, кернаотримач з п'єзовипромінювачем та електронні терези. Електричний сигнал від генератора ГЗ-109 підсилювався і далі подавався на п'єзовипромінювач в кернаотримачі;

був використаний ламповий підсилювач в зв'язку з його лінійними характеристиками та високовольтним виходом для п'єзовипромінювача. На основі вищенаведеної експериментальної установки були проведені дослід з фільтрації моторного масла кернаотримача пісчаника; кернаотримач мав висоту 18 мм та діаметр 53 мм.

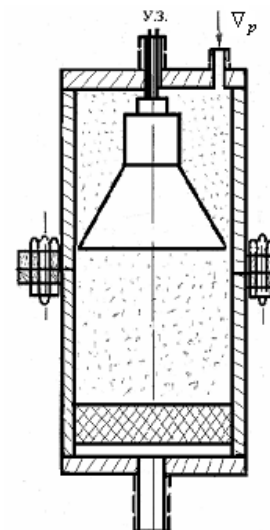


Рисунок 3 - Конструкція кернаотримача для дослідів з випромінювачем Ланжевена.

Були проведені експериментальні дослід з акустичними хвилями на частоті 2,7 кГц для декількох значень тиску в кернотримачі. Акустичні коливання формувались в кернотримачі який був заповнений моторним мастилом, в мастилі знаходився випромінювач акустичних хвиль - була використана система п'єзодисків; керн з пісковика був розташований на дні кернотримача.

Досліди з фільтрації вуглеводнів керном піщаника провадились для достатньо великих інтервалів часу, спочатку на протязі декількох діб вимірювали середню величину маси фільтрованого моторного мастила, а потім вимірювали середню величину маси фільтрованого моторного мастила при наявності акустичних коливань. Деякі з отриманих результатів наведені на рис.4, квадратики - позначають фільтрацію в присутності акустичних коливань, а трикутники позначають фільтрацію у відсутності акустичних коливань. По осі абсцис тиск P в барах, по осі ординат потік фільтрованого мастила V , г/година.

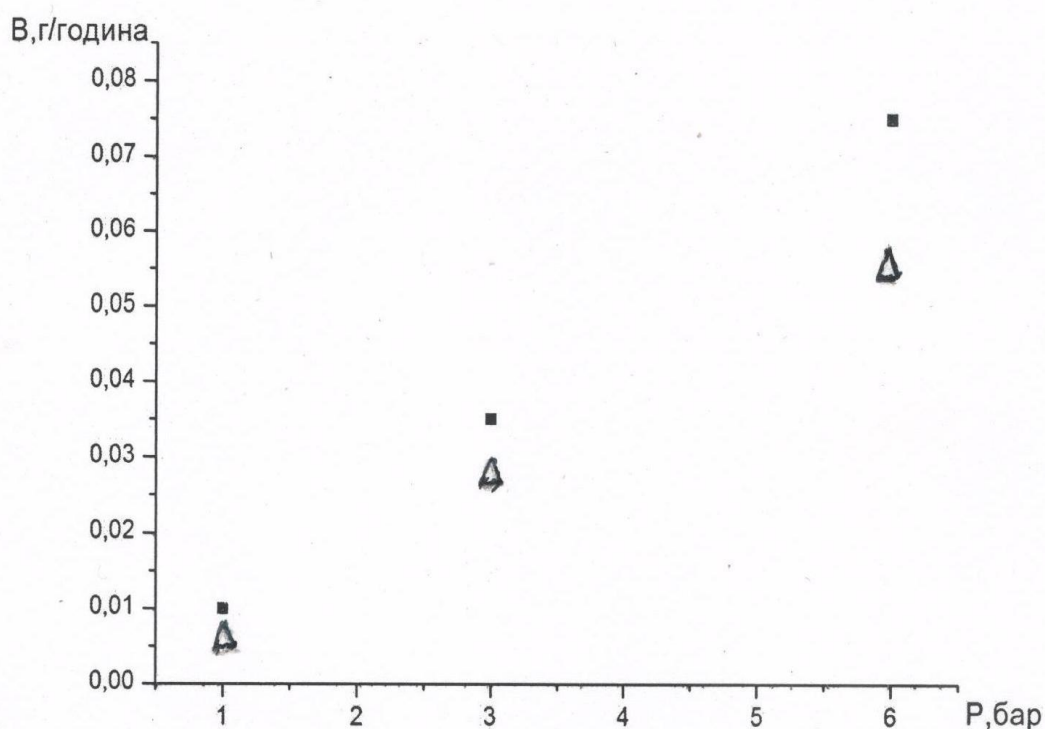


Рисунок 4- Фільтрація моторного мастила керном піщаника.

ВИСНОВКИ та практичне значення

Проведені експериментальні дослід показали, що фільтрація вуглеводнів керном піщаника при наявності акустичних коливань збільшується на десятки процентів. Отримані результати важливі для розробки хвильової технології очистки фільтрів свердловин та підвищення дебіту свердловин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. І. Гутак, "Експериментальні дослідження впливу пружних коливань на зміну фільтрації нафтоводняної суміші", *Науковий вісник ІФНТУНГ*, № 3(29), 2011.
- [2] P. Poesio, G. Ooms, "An investigation of the influence of acoustic waves on the liquid flow through a porous material". *Journal of Acoustical Society of America*, № 111(5), pp. 2019-2025, 2002.
- [3] P. Poesio, G. Ooms, "Theoretical and experimental investigation of acoustic streaming in a porous material", *Physical Review*, E66:016309,2002.

- [4] I. A. Beresnev and P. A. Johnson, "Elastic wave stimulation of oil production: A review of methods and result", *Geophysics*, №59(6), pp.1000-1017, 1994.
- [5] Я. М. Бажалук та ін., "Удосконалення технічних засобів імпульсно-хвильової дії на нафтоносні пласти", *Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ*, №1(34), 2010.
- [6] А. П. Горovenko, Д. Б. Венгрович, В. Ю. Осташко, "Спосіб газоімпульсного оброблення водозабірних свердловин", *Державному бюро патентів України*, №148784, Сен.16, 2021.
- [7] А. П. Горovenko, Д. Б. Венгрович, В. Ю. Осташко, "Спосіб ультразвукової обробки отворів фільтра нафтової свердловини". *Державному бюро патентів України*, №139290, Дек. 26, 2019.
- [8] В. П. Нагорний, І. І. Денисюк, *Технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів*. Київ: Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, 2013.
- [9] В. В. Ивашечкин, "Газодинамический способ восстановления дебита водозаборных скважин с использованием водородно-кислородной смеси", диссер.канд.техн.наук, Минск, 1987.
- [10] В. С. Алексеев, *Восстановление дебита водозаборных скважин*. Москва: Агропромиздат, 1987.
- [11] А.Ф. Булат, В.В. Лукинов, К.А. Безручко, О.П. Круковський, В.В. Круковська, "Геомеханічний чинник надходження додаткових обсягів вільного метану при експлуатації газових родовищ", *Доповіді Національної академії наук України*, № 8, с. 25-35, 2018. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.08.025>

A. Gorovenko*, Ph.D., Senior Research Fellow
D. Vengrovich, Ph.D., Head of the department.
H. Sheremet, Ph.D, Junior Reseacher.

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NASU, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: gap1944@ukr.net
Received 29.12.2021; Accepted 15.06.2022

FILTRATION OF HYDROCARBONS BY POROUS CORE IN THE FIELD OF ACOUSTIC OSCILLATIONS

Purpose. The task was to investigate the effect of acoustic oscillations on the filtration of hydrocarbons by the core of a porous medium for different pressures. The paper present the results of an experimental study of hydrocarbon filtration by a porous medium core in the presence of acoustic oscillations with the frequency of 2,7 kHz. Porous sandstone cores with a height of 18 mm and a diameter of 53 mm were studied. The core holder was filled with engine oil which contained a piezoelectric acoustic oscillator, the electrical signal to the emitter was generated by a generator and amplifier. During the studied filtration, the core was located at the bottom of the core holder, which was filled with liquid hydrocarbons, which were used as engine oil.

The aim was to investigate the effect of acoustic oscillations on the filtration of hydrocarbons in a porous medium. For this purpose, an experimental setup, amplifier and piezoelectric emitter of acoustic oscillations were made, sandstone cores were prepared, experiments were performed and the mass of the filtered liquid was estimated.

Methodology. An experimental study of the effect of acoustic oscillations with a frequency of 2.7 KHz on the filtration of hydrocarbons by a sandstone core for different pressures was performed in laboratory conditions. Amplified oscillations from the electronic generator were applied to the piezoelectric emitter located in the core holder, which was filled with motor oil, the pressure in the oil was changed using a reducer and manometers. The mass of core-filtered oil was measured by electronic scales.

Originality. It has been established that acoustic oscillations effectively affect the filtration of hydrocarbons in porous media and increase filtration by tens of percent.

Findings and practical implications. Experiments have shown that acoustic oscillations in a porous medium filled with hydrocarbons increase the filtration of hydrocarbons. The use of acoustic oscillations for processing around the filter space of wells will increase the flow rate of wells.

Experiments have shown that in the presence of acoustic oscillation, the filtration of engine oil by the sandstone core increase by tens % relative to the amount of filtration in the absence of acoustic oscillations.

Relevance of the topic. Increasing the flow rate of wells is an important scientific and practical task, its solution can be cleaning the filter zone from clogging and improving the filtration of useful fluid Under the action of acoustic oscillations.

Keywords: hydrocarbon filtration; porous medium; acoustic oscillations; well; around the filter area; debit.

REFERENCES

- [1] O. I. Gutak, " Experimental studies of the effect of elastic oscillations on the change of filtration of oil-water mixture ", *Scientific Bulletin of IFNTUNG*, № 3 (29), 2011.
- [2] P. Poesio, G. Ooms, "An investigation of the influence of acoustic waves on the liquid flow through a porous material". *Journal of Acoustical Society of America*, № 111(5), pp. 2019-2025, 2002.
- [3] P. Poesio, G. Ooms, "Theoretical and experimental investigation of acoustic streaming in a porous material", *Physical Review*, E66:016309,2002.
- [4] I. A. Beresnev and P. A. Johnson, "Elastic wave stimulation of oil production: A review of methods and result", *Geophysics*, №59(6), pp.1000-1017, 1994.
- [5] Ya. M. Bazhaluk et al., " Improvement of technical means of pulse-wave action on oil-bearing formations ", *Prospecting and development of oil and gas fields*, №1(34), 2010.
- [6] A. P. Gorovenko, D. B. Vengrovich, V. Yu. Ostashko, "Method of gas-pulse treatment of water intake wells", State Patent Office of Ukraine, №148784, Sen.16, 2021.
- [7] A. P. Gorovenko, D. B. Vengrovich, V. Yu. Ostashko, "Method of ultrasonic treatment of oil well filter holes ". State Patent Office of Ukraine, №139290, Dec. 26, 2019.
- [8] V. P. Nahomyi, I. I. Denysiuk, *Tekhnolohii intensyfikatsii vydobutku vuhlevodniv*. Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine, SI. Subbotin`s Institute of Geophysics, 2013.
- [9] V. V. Ivashechkin, "Gas-dynamic method of restoring the flow rate of water intake wells using a hydrogen-oxygen mixture", Dissertation, Candidate of Technical Sciences, Minsk, 1987.
- [10] V. S. Alekseev, *Vosstanovlenie debita vodozabornyh skvazhin*. Moskva: Agropromizdat, 1987.
- [11] A. F. Bulat, V. V. Лукинов, К. А. Bezruchko, О. П. Krukovsky, V. V. Krukovska, "Geomechanical factor of additional volumes of free methane in the operation of gas fields", *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, № 8, p. 25-35, 2018.
<https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.08.025>