

## Вплив ультразвуку на фільтрацію вуглеводню в пористому середовищі

А.П. Горovenko, Д.Б. Венгрович, Г.П. Шеремет, 2025

Інститут геофізики ім. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Проведено експериментальне дослідження впливу ультразвуку на фільтрацію вуглеводню в керні пористого середовища. З метою проведення дослідів було спроектовано та виготовлено експериментальну установку. Для живлення п'єзовипромінювача використовувався генератор ГЗ-120 та підсилювач на потужних променевих тетроддах, що дало змогу формувати ультразвук достатньо високої амплітуди.

**Ключові слова:** ультразвук, фільтрація вуглеводню, пористе середовище, наволосявердловинна область, дебіт свердловини.

**Вступ.** Дослідження дії ультразвуку на фільтрацію флюїду в нафтогазових пластах має важливе наукове та прикладне значення, зокрема для підвищення дебіту нафтових свердловин. Інтенсифікація видобутку покладів вуглеводнів за допомогою ультразвуку є перспективним напрямом з огляду на екологічність та малі витрати на технологію [Beresnev, Jonson, 1994]. Результати дослідів з акустичними хвилями свідчать про зміну поверхневого натягу та в'язкості рідини: в процесі обробки ультразвуком зменшується тертя між породою та флюїдом і, як наслідок, підвищується рухливість флюїду та поліпшується фільтрація вуглеводню. Деякі автори вважають, що може мати місце резонансний характер взаємодії ультразвуку з пористим середовищем і вказують на можливість кавітації на стінках капілярів у пористому середовищі. Існують різні точки зору на фізичні механізми фільтрації, що вказує на складність явища взаємодії ультразвуку з середовищем пластів і на необхідність проведення подальших лабораторних досліджень [Beresnev, Jonson, 1994]. У статті [Гутак, 2011] було досліджено вплив низькочастотних акустичних коливань на філь-

трацію вуглеводнів у насипному середовищі за малих значень тиску, а в праці [Горovenko та ін., 2022] розглянуто фільтрацію вуглеводню керном піщаника для тисків до 10 бар при наявності низькочастотних акустичних коливань 2,6 кГц. Результати цих дослідів указують на перспективність використання акустичних коливань для обробки колекторів свердловин з метою поліпшення фільтрації вуглеводню пористим середовищем. Використання низькочастотних акустичних коливань обмежено завеликими розмірами випромінювачів акустичних коливань порівняно з величиною діаметра свердловини, тому більш перспективним вважають використання високочастотних коливань з малогабаритними випромінювачами. Ультразвук має більші градієнти тиску відносно розмірів пори, а також у разі його застосування має місце кавітація в рідині, що теж поліпшує фільтрацію вуглеводню пористим середовищем [Горovenko та ін., 2019].

**Об'єкти і методи досліджень.** Для практичного використання ультразвуку при обробці свердловин бажано в лабораторних умовах дослідити вплив високочастотних акустичних коливань на фільтрацію вуг-

Citation: Gorovenko, A.P., Vengrovich, D.B., & Sheremet, G.P. (2025). The effect of ultrasound on hydrocarbon filtration in a porous medium. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 193–196. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322505>.

Publisher S. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

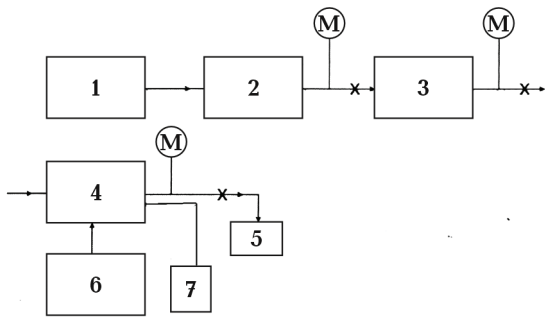


Рис. 1. Блок-схема експериментальної установки для дослідження фільтрації вуглеводнів за постійної температури: 1 — балон з газом (азотом) високого тиску, 2 — редуктор, 3 — ресивер, 4 — кернотримач, 5 — точні терези, 6 — генератор і підсилювач, 7 — схема стабілізації температури мастила, X — крани, M — манометри.

Fig. 1. A diagram of the experimental setup for studying the filtration of hydrocarbons at constant temperature: 1 — high-pressure gas (nitrogen) cylinder, 2 — reducer, 3 — receiver, 4 — core holder, 5 — precision scales, 6 — generator and amplifier, 7 — oil temperature stabilization scheme, X — taps, M — pressure gauges.

леводною пористим середовищем. Для виконання таких дослідів авторами було розроблено і виготовлено експериментальну установку (рис. 1).

Конструкцію кернотримача, в якому відбувається фільтрація вуглеводню, наведено на рис. 2. Кернотримач заповнений вуглеводнем і має вигляд двох циліндричних сталевих стаканів з фланцями з отворами, а болти з гайками фіксують фланці і герметично з'єднують стакани в одне ціле. Через герметичні штуцери у верхній частині кернотримача надходить мастило під заданим тиском від ресивера та електричний сигнал від генератора електричних сигналів та підсилювача до п'єзовипромінювача ультразвуку. Внизу кернотримача знаходиться керн та отвір для фільтрованої керном рідини. Маса рідини надалі фіксується точними електронними терезами. Усередині кернотримача знаходяться випромінювач акустичних коливань, нагрівач вуглеводню, датчик температури для схеми стабілізації температури. Як випромінювач використовують п'єзовипромінювач Ланжевена, а його живлення здійснюється за допомогою ге-

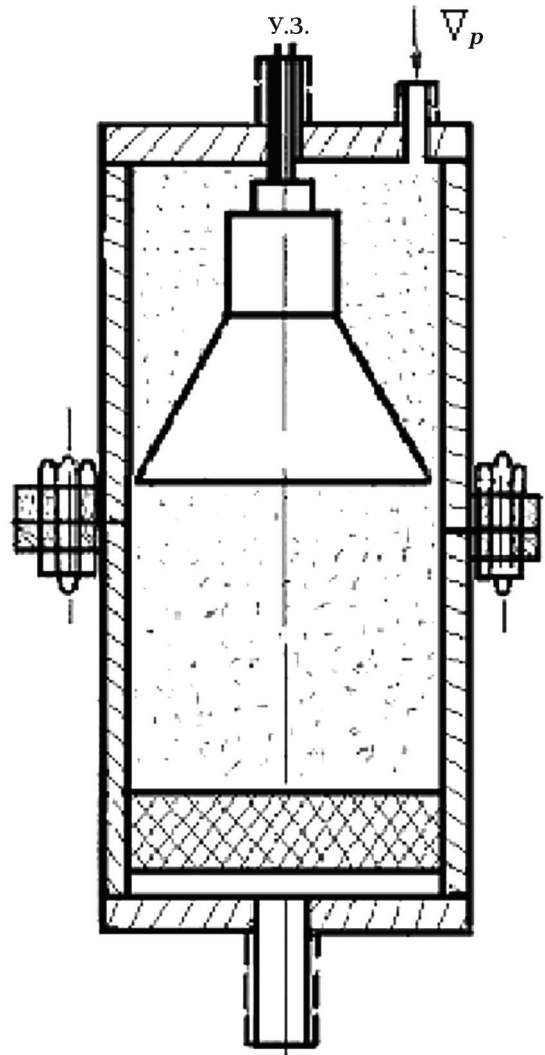


Рис. 2. Конструкція кернотримача для дослідів з фільтрації вуглеводнів.

Fig. 2. Design of a core holder for experiments on hydrocarbon filtration.

нератора ГЗ-120 і потужного підсилювача з лінійною характеристикою та високівольтним виходом для випромінювача ультразвуку. Стабілізація температури вуглеводню досягається за допомогою датчика температури, цифрової схеми стабілізації XW-3002 і нагрівача. Для регулювання тиску у вуглеводні використано газовий балон з азотом, редуктор і ресивер. Заповнений вуглеводнем ресивер з одного боку з'єднаний з кернотримачем, а з іншого — з редуктором і манометрами.

**Результати досліджень.** На базі експериментальної установки були проведені

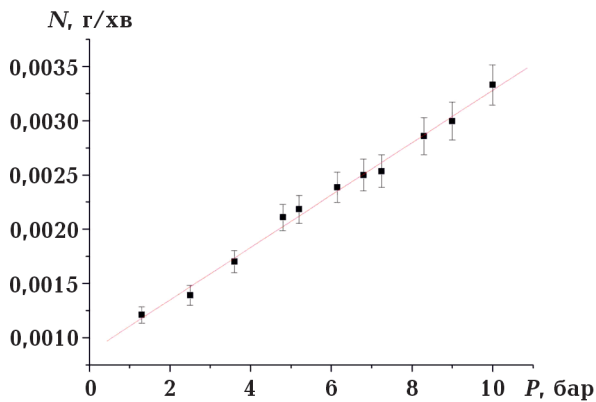


Рис. 3. Залежність потоку фільтрованого вуглеводню (мастила)  $N$  від тиску  $P$ , ультразвукові коливання відсутні.

Fig. 3. Dependence of filtered hydrocarbon (engine oil) flow  $N$  on pressure  $P$ , with no ultrasonic vibrations.

досліди з фільтрації моторного мастила керном піщаника в полі високочастотних коливань — ультразвуку. Проведено експериментальні дослідження фільтрації мастила для різних тисків в кернотримачі за постійної температури вуглеводню ( $T=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Вимірювання виконували для одного значення тиску в кернотримачі спочатку без акустичних коливань, потім при наявності ультразвуку, а далі переходили до іншого значення тиску. На графіку наведено отримані експериментальні результати для випадку відсутності ультразвукових коливань у кернотримачі (рис. 3).

На рис. 4 наведено залежність потоку фільтрованого мастила у випадку дії ультразвукових коливань на керн.

На підставі отриманих експериментальних результатів можна зробити висновок,

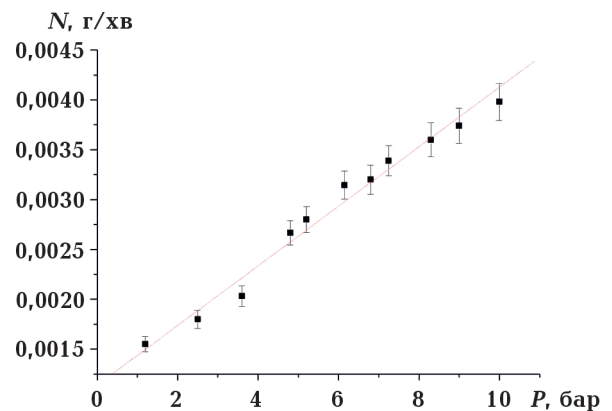


Рис. 4. Залежність потоку фільтрованого мастила  $N$  від тиску  $P$  при наявності ультразвукових коливань у кернотримачі.

Fig. 4. Dependence of filtered hydrocarbon (engine oil) flow  $N$  on pressure  $P$ , with ultrasonic vibrations.

що ультразвукові коливання поліпшують фільтрацію вуглеводню пористим середовищем, потік фільтрованого керном мастила збільшується на 25 % порівняно з потоком фільтрованого мастила без ультразвукових коливань. Залежність величини фільтрації вуглеводню від тиску відповідає закону Дарсі.

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження показали, що ультразвук підвищує інтенсивність фільтрації вуглеводню (моторного мастила) у досліджуваному піщанику на 25 %. Залежність потоку фільтрованого вуглеводню від тиску є лінійною.

Отримані результати важливі для розробки технології очистки навколофільтрової області свердловин від кольматанту, покращання фільтрації вуглеводню та підвищення дебіту свердловин.

### Список літератури

- Горовенко А.П., Венгрович Д.Б., Осташко В.Ю. *Спосіб ультразвукової обробки отворів фільтра нафтової свердловини*. Пат. на корисну модель № 139290. Зареєстр. 26.12. 2019.
- Горовенко А.П., Венгрович Д.Б., Шеремет Г.П. *Фільтрація вуглеводнів кернами пористого середовища в полі акустичних коливань*. *Геоінженерія*. 2022. № 7. С. 17—22. <https://doi.org/10.20535/2707-2096.7.2022.267556>.
- Гутак О.І. Експериментальні дослідження впливу пружних коливань на зміну фільтрації нафто водяної суміші. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2011. № 3(29). С. 53—56.
- Beresnev, I.A., & Johnson, P.A. (1994). Elastic-wave stimulation of oil production: A review of methods and result. *Geophysics*, 59(6), 1000—1017. <https://doi.org/10.1190/1.1443645>.

## The effect of ultrasound on hydrocarbon filtration in a porous medium

*A.P. Gorovenko, D.B. Vengrovich, G.P. Sheremet, 2025*

S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy  
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The paper presents an experimental study of the effect of ultrasound on hydrocarbon filtration in a porous medium core. An experimental setup was designed and manufactured to conduct the experiments. A GZ-120 generator and an amplifier on powerful beam tetrodes are used to generate ultrasound of sufficiently high amplitude.

**Key words:** ultrasound, hydrocarbon filtration, porous medium, near-wellbore area, flow rate of a well.

### References

- Gorovenko, A.P., Vengrovych, D.B., & Ostashko, V. Yu. (2019). *Ultrasonic method treatment of oil well filter holes*. Utility model patent №139290, registered on 12.26.2019 (in Ukrainian).
- Gorovenko, A.P., Vengrovych, D.B., & Sheremet, G.P. (2022). Filtration of hydrocarbons by cores of a porous medium in the field of acoustic vibrations. *Geoengineering*, (7), 17—22. <https://doi.org/10.20535/2707-2096.7.2022.267556> (in Ukrainian).
- Gutak, O.I. (2011). Experimental studies of the effect of elastic vibrations on the change in filtration of an oil water mixture. *IFNTUNG scientific bulletin*, (3), 53—56 (in Ukrainian).
- Beresnev, I.A., & Johnson, P.A. (1994). Elastic-wave stimulation of oil production: A review of methods and result. *Geophysics*, 59(6), 1000—1017. <https://doi.org/10.1190/1.1443645>.