

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРУЖНИХ КОЛИВАНЬ НА УМОВИ ФІЛЬТРАЦІЇ ГАЗОВОДЯНОЇ СУМІШІ В ПЛАСТІ

¹ Я.М.Бажалук, ¹ О.М.Карнаш, ¹ Я.Д.Климишин, ¹ О.І.Гутак, ¹ М.В.Худін,
² В.Я.Бажалук, ³ Є.С.Бікман

¹ ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42002
e-mail: karpush@nung.edu.ua

² НВФ „Інтекс”, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Маланюка, 14/11, тел. (03422) 78-53-80,
e-mail: yaropolkbazhaluk@gmail.com

³ УкрНДГаз, 61010, м. Харків, Красношкільна наб. 20, тел. (0577) 019657,
e-mail: bikman-ukrniigaz@mail.ru

Рассматривается воздействие упругих колебаний на фильтрационные процессы газа в естественных породах. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Here is considered the influence of resilient vibrations on processes of gas filtrations in natural cores. The results of experimental researches are adduced.

Однією із причин низької продуктивності низькопроникних колекторів є зменшення фазової проникності за газом внаслідок проникнення фільтрату бурового розчину під час створення репресії на пласт у процесі буріння та перфорації останнього. Аналогічні умови створюються під час конденсації вуглеводнів C_{5+} та пари води у процесі зниження пластового тиску. Крім того не виключений також вплив пружно-водонапірного режиму за рахунок контурних або внутрішніх пластових вод. Отже зниження фазової проникності за газом зумовлюється додатковими опорами, які, у свою чергу, зумовлені капілярними ефектами.

У зв'язку із вказаним актуальним є вивчення фізичних явищ на межі розділу фаз „газ-вода” під час проходження через водогазонасичене порове середовище пружних хвиль різних частот і інтенсивностей з точки зору дії пружних хвиль на зменшення капілярного опору під час фільтрації газу і, відповідно збільшення фазової проникності за газом.

На даний час подібні дослідження проводяться низкою науково-дослідних організацій для умов водонафтонасиченого порового середовища [1].

Роботи з вивчення вібровпливу на газодонасичені пласти з метою вивчення поведінки двофазної суміші „газ-вода” в насипному поровому середовищі, дослідження процесу їх одночасної фільтрації проводяться в Навчально-науково-виробничому центрі нових газових технологій (УНПЦ НГТ) Російського державного університету нафти та газу ім. І.М.Губкіна. В УНПЦ НГТ проводились роботи з відслідковування фронту просування газу або води, моделювання вібровпливу на газодонасичене середовище за фронтом витіснення.

Недостатньо вивченими є механізми взаємодії поля пружних коливань із поровим газодонасиченим середовищем пласта під час

фільтрації газодонасиченої суміші в пласті. У першу чергу, це механізми впливу пружних коливань на швидкість фільтрації газодонасиченої суміші в поровому середовищі, а також механізми взаємодії газодонасиченої суміші і твердої поверхні пор під впливом поля пружних коливань.

Враховуючи актуальність даної проблеми, науковцями ІФНТУНГ, НВФ „Інтекс” і УкрНДГаз проведено експериментальні дослідження, метою яких було визначення впливу на умови фільтрації газодонасиченої суміші в пласті пружних коливань, що створюються внаслідок дії на пласт періодичних короткочасних імпульсів тиску. Дослідження проводились на природному керні із продуктивних пластів Кобзівського газового родовища.

Характеристики керна: пісковик світло-сірий, місцями вздовж шару сірий з коричневим відтінком, різнозернистий (частіше грубозернистий). Порода майже не реагує з HCl в штуфі; місцями вздовж шару спостерігається слабка хімічна реакція. Шаруватість зумовлена листуватими прошарками, складеними слюдитим та вуглисто-слюдитим матеріалом, орієнтованим під кутом 85° - 78° до осі керна. Тріщинуватість інтенсивна; тріщини прямі та хвилясті. Експрес-аналіз керна показав значення відкритої пористості в межах 7,3-7,8%, а абсолютна газопроникність становила $0,98 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$.

Методика проведення експериментальних досліджень

Для визначення впливу на умови фільтрації газодонасиченої суміші в пласті пружних коливань потрібно провести експериментальні дослідження, щоб довести, що імпульсно-хвильова дія на насичене газодонасиченою сумішшю порове середовище призводить до зменшення капілярного опору для газу і, як наслідок, відповідно до збільшення фазової проникності за

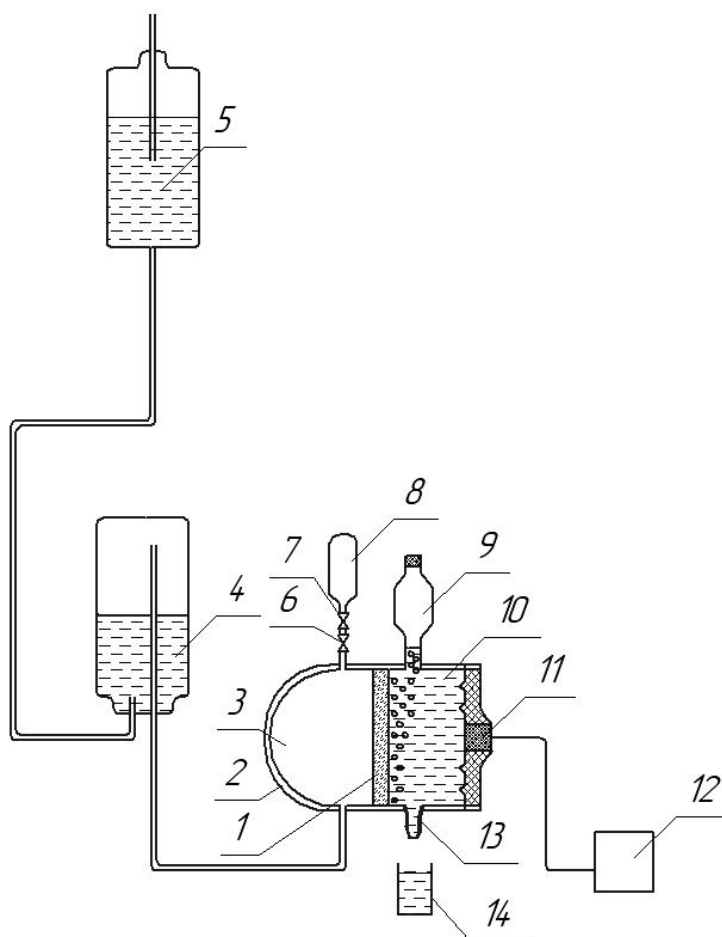


Рисунок 1 – Схема експериментальної установки

газом. Для проведення експериментальних досліджень використовувалась спроектована установка.

Під час проведення досліджень з метою водонасичення природного керна і створення фільтрації в останньому використовувалась пластова вода і газ метан.

Для дослідів як модель порового середовища використовувався природний керн газового родовища з абсолютною газопроникністю $0,98 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ і відкритою пористістю 7,3%. Керн для досліджень було попередньо підготовлено згідно з вимогами експериментальних досліджень процесів фільтрації у природних кернах та відповідно до стандартних умов. З метою підвищення точності результатів експериментів дослідна система попередньо стабілізувалась, кількість замірів під час кожного циклу дії на керн імпульсами тиску приймалась рівною 8-10. У процесі вимірювання інтенсивності фільтрації об'єм газу в момент кожного заміру вибирався однаковим, а змінним був час його фільтрації. Підтримування постійного тиску в системі досягалось за допомогою посудини Маріотта 5.

Опис експериментального обладнання

Для проведення досліджень спроектовано і виготовлено установку, на якій можливо з точністю до 1кПа протягом тривалого часу підтримувати заданий тиск у діапазоні 10-100кПа

під час фільтрації газу через порове середовище керна (рис. 1). Установка складається з кернотримача 2, виготовленого з прозорого полістиролу, в центрі якого герметично встановлено циліндричний керн 1, який поділяє кернотримач 2 на дві камери 3 і 10. З одного боку керна знаходиться камера 10 з пластовою водою і відводом 13 для газу, що надходить у герметичний газозбірник 9. З протилежного боку керна знаходиться газова камера 3, заповнена газом (метаном), що перебуває під постійним тиском. Це – протитиск, що передається пластовій воді з камери 10. Передачу тиску водяного стовпа з посудини 5 газу в камері 3 виконує пристрій 4. Для наповнення газової камери 3 зверху до кернотримача 2 приєднується балон з газом 8. Для створення постійного тиску газу на керн заданої величини застосовано відповідно встановлену ємність 5 (посудину Маріотта), за допомогою якої стовп води певної висоти створює необхідний постійний тиск на газ з метою дослідження його фільтрації через попередньо водонасичений керн. Імпульси тиску, що створюються генератором 12, випромінює пристрій 11, внаслідок чого в поровому середовищі керна виникали пружні коливання. Пластова вода, що витісняється газом у ході експерименту, надходить у збірну ємність 14 через штуцер 13. Її об'єм рівний об'єму газу, що пройшов через керн і піднявся в газозбірник 9.

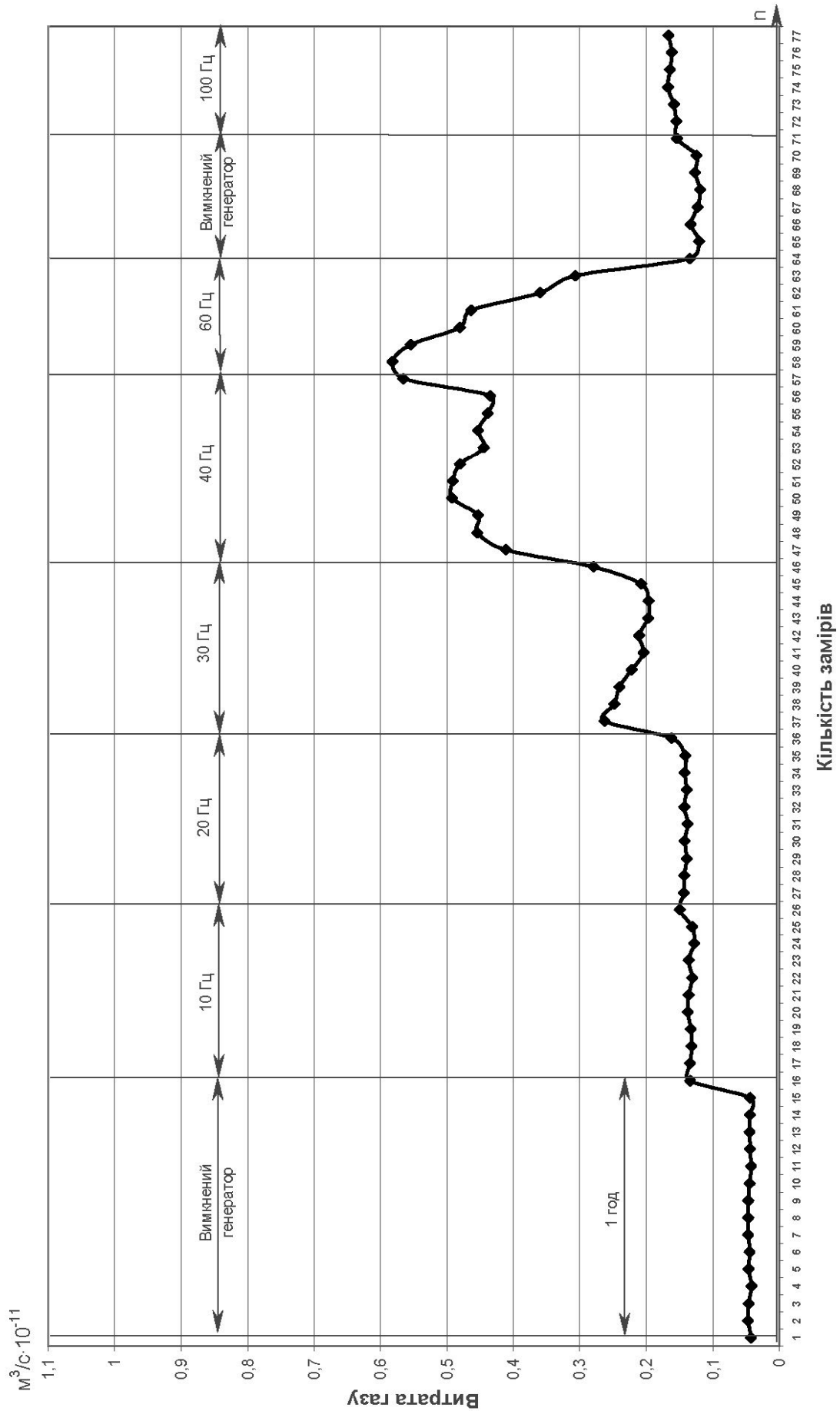


Рисунок 2 – Вплив імпульсів тиску різних частот повторення на зміну витрати газу через керн під час фільтрації газоводяної суміші

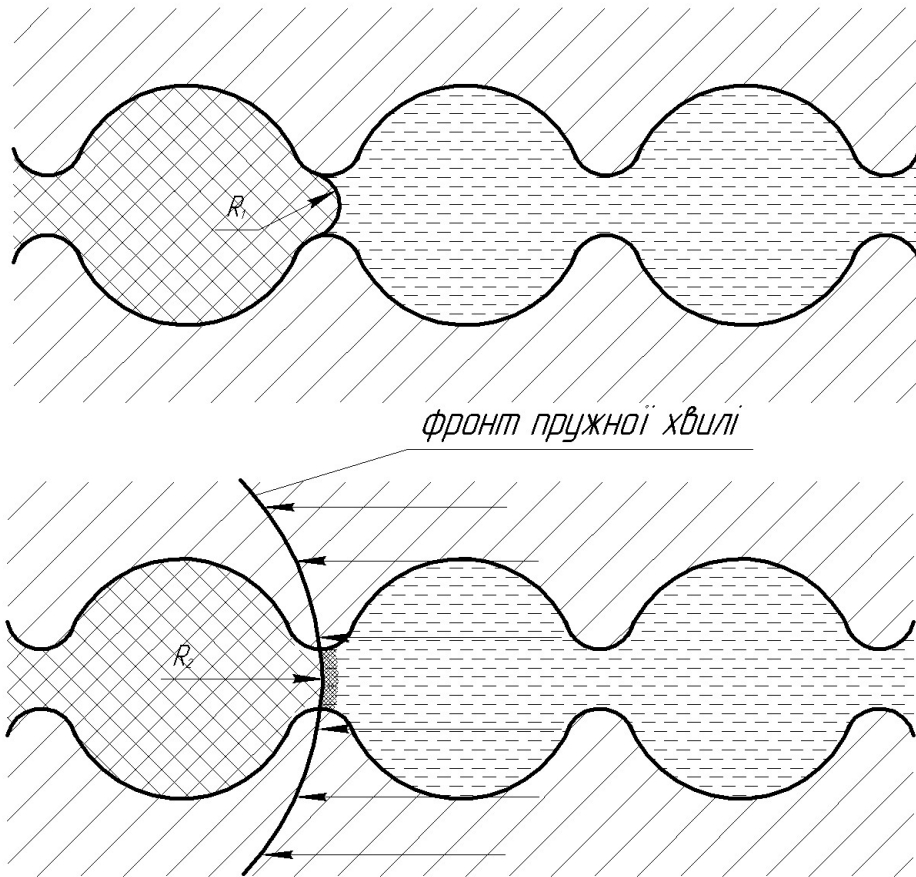


Рисунок 3 – Фізична картина до і під час взаємодії фронту пружної хвилі та межі “газ-вода” в капілярі

Експериментальні дослідження дії імпульсів тиску на фільтрацію газоводяної суміші проводились у наступній послідовності:

1 Внаслідок підняття ємності 5 за відкритого крана 6 пристрій 4, газозбірник 9, камери 3 та 10 заповнювались пластовою водою, після переливання якої через кран 6 газової камери 3, кран 6 закривався. Відбувалось водонасичення керна 1.

2 За закритого крана 6 під’єднувався балон з газом 8. Відтак послідовно відкривались крани 6 та 7, внаслідок чого газ із балона витісняв воду з камери 3. Процес продовжувався до заповнення газом половини посудини пристрою 4. Далі послідовно закривались крани 6 та 7 і від’єднувався балон із газом 8.

3 Ємність 5 підіймалась на задану висоту, за якої починалась фільтрація газу через керн, що супроводжувалась виходом дрібних бульбашок з боку контактуючого з пластовою водою керна. За процесом фільтрації спостерігали через прозорий кернотримач. З метою підвищення точності результатів експериментальних досліджень об’єм профільтованого за заданий час газу визначався за позначками на газозбірнику або за кількістю крапель пластової води, яку замістив у керні газ.

4 Витримували час протягом якого відбувалась стабілізація процесу фільтрації газу.

5 Вмикали випромінювач, що генерував прямокутні імпульси тиску з частотою повторення 40-100 Гц. Частоту повторення імпульсів змінювали через рівні проміжки часу, впродовж яких проводили заміри об’єму профільтованого газу. Послідовність імпульсів заданих частот повторення створювала в середовищі керна пружні коливання інтенсивністю 0,01-0,1 Вт/см². Для наочності представлення результатів досліджень побудовано залежність витрати газу через керн від частоти повторення імпульсів тиску під час фільтрації газоводяної суміші (рис. 2)

Аналізуючи графік на рисунку 2, можна зробити такі висновки:

процеси фільтрації газоводяної суміші на установці стабілізуються протягом 1 год.;

дія імпульсів тиску в зоні ГВК призводить до збільшення швидкості фільтрації газу.

Збільшення швидкості фільтрації газу можна пояснити, якщо розглянути фізичну картину взаємодії фронту пружної хвилі, створену механічним імпульсом тиску з газоводяним контактом у капілярі змінного перерізу.

У момент проходження фронту хвилі (рис. 3), що супроводжується надлишковим тиском, радіус кривини межі “газ-вода” збільшується. Тиски Лапласа P_1 та P_2 , відповідно до і під час дії фронту хвилі, визначаються рівняннями [2]:

$$P_1 = \frac{2\sigma_{1,2}}{R_1}; \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{2\sigma_{1,2}}{R_2}, \quad (2)$$

де: R_1 і R_2 – радіус кривини межі “газ-вода” відповідно до і під час дії фронту хвилі; $\sigma_{1,2}$ – значення поверхневого натягу на межі розділу фаз. У момент збільшення радіуса кривини під час дії фронту хвилі тиск Лапласа зменшується, що створює умови для підвищення швидкості фільтрації газу.

Висновки.

Результати проведених експериментальних досліджень свідчать :

1) імпульсно-хвильова дія на насичене газоводяною сумішшю порове середовище призводить до зменшення капілярного опору на межі розділу фаз і, відповідно, до збільшення фазової проникності за газом;

2) фазова проникність за газом збільшується під час дії на природній керн імпульсів тиску в діапазоні частот повторення (40-60 Гц). Результати досліджень можуть бути використані в процесі розроблення нових технологій дії на пласт і обладнання для підвищення газовилучення з низькопроникних пластів із використанням оптимальних частот.

Доцільним є також проведення теоретичних та експериментальних досліджень дії пружних коливань на пласт в умовах прояву пружно-водонапірного режиму в процесі розробки газового родовища з точки зору вивчення можливості розблокування защемлених пластовою водою значних об’ємів газу.

Література

1 Дыбленко В.П., Камалов Р.Н. и др. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. – М.: Недра, 2000.–41с.

2 Яковлев В.Ф. Курс физики. Теплота и молекулярная физика. – М.: Просвещение, 1976. – 215 с.