

Кизь О.П., студент гр. 185м-24з-1

Науковий керівник: Хоменко В.Л., к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

## ГІДРОДИНАМІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВЕРИФІКАЦІЇ КОЛЕКТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАСТІВ

Випробування продуктивних пластів у нафтових і газових свердловинах є ключовою ланкою між геофізичними дослідженнями, лабораторними методами та проектними рішеннями щодо розробки родовищ. Основна мета випробувань полягає у визначенні фільтраційно-ємнісних властивостей пласта, оцінці продуктивності, визначенні характеру руху флюїдів, меж і гідродинамічних зв'язків, а також у відборі репрезентативних проб пластових флюїдів для подальшого лабораторного аналізу. На відміну від непрямих методів, випробування базуються на контрольованому порушенні рівноваги у системі «пласт–свердловина» та реєстрації зміни тиску і дебіту в часі. Це дає змогу за допомогою рівнянь фільтрації та методів аналізу нестационарних процесів визначити параметри пласта, що мають вирішальне значення для проектування.

Методи випробувань еволюціонували від класичних випробувань у процесі буріння (DST – drill stem test) до високоточних вимірювань дротовими приладами (WFT – wireline formation tester), які дозволяють проводити локальні тиски, відбір проб, контролювати ступінь забруднення, а також здійснювати спектральний аналіз флюїдів у пластових умовах. У сучасних умовах WFT охоплюють широкий діапазон геологічних ситуацій – низькопроникні колектори, тонкошаруваті товщі, зони з високою неоднорідністю та складною фазовою поведінкою флюїдів [1].

Фізична суть випробувань полягає у створенні контрольованого відбору або нагнітання флюїду з подальшим аналізом часових рядів тиску. На ранніх стадіях важливим є ефект накопичення у стовбурі свердловини, який поступово переходить у радіальний режим фільтрації. У цьому режимі можна визначити проникність, ефективну товщину пласта, а також коефіцієнт скіну, який включає як компоненти пошкодження привибійної зони, так і геометричні ефекти, пов'язані з неоднорідністю розрізу, частково проникними перфораціями або тонким шаруванням. Використання тискової похідної за методом Бурде значно підвищило інформативність аналізу, оскільки дозволяє відокремлювати режими фільтрації, ідентифікувати межі пласта, тріщинуватість, подвійність порового середовища та інші особливості гідродинамічної поведінки.

Класичні випробування типу DST застосовуються для оцінки фактичної здатності пласта до припливу, визначення дебітів при значних депресіях, отримання тиску насичення та оперативного відбору проб у процесі буріння. Інструментарій DST включає пакери, клапани відкриття/закриття, манометри високої точності та системи для відведення флюїду на поверхню. Аналіз циклів притоку і відновлення тиску за методами типу Horner дає можливість визначити пластовий тиск і проникність, однак DST пов'язане з ризиками, такими як диференційне прихоплення, небезпечні компоненти газу, забруднення привибійної зони, великі об'єми відбору та екологічні обмеження.

У багатьох випадках перевага надається WFT, оскільки ці прилади дозволяють вимірювати локальний тиск, проникність, проводити попередній відбір флюїду, контролювати ступінь забруднення та здійснювати відбір проб високого класу для лабораторного аналізу. Інвазія бурового фільтрату є критичною проблемою, оскільки призводить до завищення вимірюваного тиску та тривалої деконтамінації. У низькопроникних колекторах застосовуються конфігурації з подвійними пакерами, що підвищує ефективність контакту з пластом.

Дані випробувань інтерпретують із використанням похідної тиску, типових діаграм, напіваналітичних та числових моделей. Лінійний режим вказує на присутність тріщин або бар'єрів; бі-лінійний – на взаємодію з гідророзривом; «плече» на кривій похідної – на подвійність порового середовища. Для горизонтальних свердловин ключовими параметрами є ефективна довжина інтервалу відкриття, неоднорідність та вплив тріщин. У нетрадиційних колекторах використовують діагностичні тести на закачування (DFIT), що дозволяють визначити мінімальний горизонтальний напір, втрати флюїду, стисливість системи та параметри, необхідні для проектування гідророзриву [2]. Інтеграція результатів випробувань із даними каротажу, керну, сейсміки та гідродинамічного моделювання дозволяє створювати узгоджені моделі колекторів. Параметри, отримані за результатами випробувань, є жорсткими обмеженнями для побудови моделей та значною мірою визначають надійність прогнозів.

Планування випробувань залежить від цільових параметрів, безпекових вимог, економічних обмежень і законодавчих норм. Для пластів із сірководнем необхідні замкнені схеми відбору; для шельфових умов – мінімізація скидання на факел; для надглибоких свердловин – застосування термостійких пакерів та манометрів. У низькопроникних пластах доцільно використовувати тривалі вимірювання з високою роздільною здатністю або міжсвердловинні імпульсні тести, які прискорюють досягнення діагностичного сигналу.

Сучасні інструменти, що застосовуються для дротових випробувань, оснащені тискомірами високої точності, спектрометричними та оптичними комірками, щільномірами та в'язкомірами. Для тонкошаруватих пластів ефективним є інтервальний відбір з подвійними пакерами. Високообводнені пласти потребують визначення вертикальних градієнтів тиску для встановлення контактів флюїдів [3].

Інтерференційні та крос-свердловинні тести дозволяють оцінювати великомасштабну проникність, положення меж та гідродинамічні зв'язки. Аналітичні рішення та числове моделювання забезпечують узгодження історії зміни тиску та дебіту, що необхідно для технологічних рішень. У багатofазних потоках тести на нагнітання з наступним відновленням тиску дозволяють відділити вплив відносних проникностей і капілярного тиску від причин зміни скіну. Випробування пластів мають значний економічний ефект, оскільки зменшують невизначеність при проектуванні, оптимізують конфігурацію свердловин, схеми заводнення та газового впливу, а також дозволяють уникати помилкових технічних рішень. Неправильна інтерпретація може призвести до недооцінки бар'єрів, тріщин або водоприпливу, що спричинює передчасне обводнення або зниження ефективності стимулюючих заходів. Найкращі результати забезпечує інтегрований підхід, що включає планування, якісне польове виконання, оперативну діагностику та формальну інтерпретацію із врахуванням невизначеностей.

#### Список використаних джерел:

1. Bekeshova, Zh.B., Ratov, B.T., Kurmanov, B.K., Khomenko, V.L., Kutybayev, A.E., Kazimov, E.A., Rastsvietaiev, V.O., & Ishkov, V.V. (2024). Study of the clinoform structure of Paleogene gas reservoirs in the Ustyurt region. *SOCAR Proceedings*, 2, 3–11. <http://dx.doi.org/10.5510/OGP20240401011>
2. Pashchenko, O. A., Khomenko, V. L., Ratov, B. T., Koroviaka, Ye. A., & Rastsvietaiev, V. O. (2024). Comprehensive approach to calculating operational parameters in hydraulic fracturing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1415(1), 012080. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1415/1/012080>
3. Zhailiyev, A. O., Khomenko, V. L., Tabylganov, M. T., Shukmanova, A. A., & Pashchenko, O. A. (2025). Assessment of reservoir filtration-capacity properties and saturation at the Morskoye field. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 29–40. <https://doi.org/10.33271/NVNGU/2025-3/029>