

**Білик М. С.** магістр спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології  
**Науковий керівник: Пащенко О.А.,** к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

*(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОСТАДІЙНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА НА ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СТОВБУРАХ СВЕРДЛОВИН НАФТОВИХ РОДОВИЩ**

Розробка багатопластових нафтових родовищ вимагає застосування інноваційних технологій для максимального вилучення вуглеводнів при складній геологічній структурі. Родовище «Х», відкрите в 1969 році, характеризується шаруватою будовою з глибиною продуктивних пластів 2440 – 3050 м, запасами нафти 1,4 млн т і газу 1,2 млн м<sup>3</sup>, а також ускладненнями через асфальтосмолисті відкладення, корозію, газогідрати та сірководень. На другій стадії розробки ключовим методом інтенсифікації видобутку є багатостадійний гідравлічний розрив пласта (МГРП), який створює мережу високопровідних тріщин у низькопроникних пластах горизонту Ю1-1. Дослідження фокусується на оцінці ефективності МГРП у горизонтальних стовбурах свердловин, інтеграції з технологією одночасно-роздільної експлуатації (ОРЕ) для підвищення коефіцієнта вилучення нафти (КВН), а також моделюванні процесів для оптимізації параметрів [1, 2]. Гідравлічний розрив пласта (ГРП) є геолого-технічним заходом для інтенсифікації припливу пластової рідини шляхом створення високопровідної тріщини при тиску, що перевищує гірський. Для видобувних свердловин мета – збільшення надходження нафти, для нагнітальних – підвищення прийомистості. Тріщина формується закачуванням рідини розриву, яка створює рідинний клин, а потім заповнюється пропантом для запобігання змиканню під впливом пластових сил. Фракційний склад пропанту залежить від гранулометрії пласта, а його тип – від геологічних умов. Швидкість закачування рідини повинна забезпечувати тиск, що перевищує внутрішні напруги породи, з урахуванням фільтрації частини рідини в пори колектора. Для зменшення фільтрації додають загусники та добавки, що формують малопроникну фільтраційну кірку, сприяючи поширенню тріщини вглиб пласта. Після створення тріщини проводиться промивання свердловини для видалення залишків рідини ГРП та пропанту, що запобігає зниженню проникності.

МГРП відрізняється від одностадійного ГРП проведенням кількох циклів розриву з урахуванням механіки гірських порід, створюючи ряд тріщин. Ця технологія переважно застосовується на горизонтальних свердловинах або горизонтальних закінченнях похило-спрямованих, де кількість стадій відповідає кількості тріщин. На вертикальних свердловинах МГРП можливий для різних об'єктів при ізоляції нижніх горизонтів і використанні компоновок для ОРЕ. Серед методів МГРП виділяють сліпий (без контролю зони тріщини, часто для рефракінгу), селективний з пакерами (ізоляція інтервалу обробки манжетними або чашковими пакерами) та комплексні компоновки з перфорацією (гідропіскоструминна, щілинна або проколююча). Наприклад, комплексна компоновка дозволяє за один спуск провести перфорацію та МГРП без глушіння свердловини. Технологія з мостовими пробками передбачає етапи перфорації, фракінгу, промивання та розбурювання, але може затягуватися до 20 діб через проблеми з герметичністю пробок [3, 4]. Оптимальний дизайн ГРП базується на ранжуванні свердловин-кандидатів за техніко-економічними показниками: дебіт нафти <150 т/сут, обводненість <10%, пластовий тиск >0,5 початкового. Спосіб вибору дизайну включає створення бази даних свердловин з параметрами ГРП та видобутку, моделювання накопиченого видобутку за допомогою машинного навчання, визначення аналогів для

цільової свердловини та оптимізацію параметрів (витрата рідини, маса пропанту) для максимального дебіту [5].

Для проведення ГРП використовується комплекс обладнання: система подачі води (маніфольд, насос, ємності об'ємом 80 м<sup>3</sup>), подачі пропанту (стаціонарні або мобільні бункери з транспортером), приготування суспензії (установка гідратації та блендер для змішування гелю, піску та добавок), закачування (маніфольди високого/низького тиску, насосні агрегати на вантажівках, трубопроводи та шланги). Моніторинг ведеться станцією керування з датчиками витрати, тиску та концентрації пропанту, з можливістю дистанційного контролю. Розташування обладнання залежить від масштабу операції та джерела водопостачання [6].

Матеріали для ГРП включають рідини розриву (водні, на основі вуглеводнів, пінні або кислотні), пропанти (піскові, керамічні або смоляні для підтримки тріщини) та добавки (загусники, зшивачі, стабілізатори). Вибір залежить від пластових умов: для низькопроникних пластів – низьков'язкі рідини з низьким вмістом загусників.

Аналіз ефективності МГРП на родовищі за 20018–2023 роки (437 операцій) показав приріст дебіту нафти в 2,7 – 3,8 раза та додатковий видобуток понад 145 тис. т, з питомою ефективністю 1,62 – 3,36 тис. т/операцію. Моделювання ОРЕ для пластів проникністю 0,02 – 0,08 мкм<sup>2</sup> та потужністю 10 – 40 м (методи Велге та Баклі-Леверта) продемонструвало підвищення КВН на 10 – 15% при прийомистостях 50 – 200 м<sup>3</sup>/добу та тиску 10 – 20 МПа, з додатковим видобутком 50 – 70 тис. т. Стабілізація дебіту на рівні 35 м<sup>3</sup>/добу після пікового 75 м<sup>3</sup>/добу та зниження обводненості на 3 – 15% підтверджують переваги МГРП над одностадійним у горизонтальних стовбурах.

МГРП з елементами ОРЕ є ефективним інструментом для інтенсифікації видобутку на багатопластових родовищах, забезпечуючи підвищення КВН та адаптацію геометрії тріщин за допомогою пропанту 15–70 т/стадію. Технологія вимагає точного підбору параметрів через машинне навчання та моделювання для подолання ускладнень, таких як корозія та газогідрати, з потенціалом додаткового видобутку до 200 – 300 тис. т нафти до 2025 року.

#### Список використаних джерел:

1. Khomenko, V.L., Ratov, B.T., Pashchenko, O.A., Davydenko, O.M. & Borash, B.R. (2023). Justification of drilling parameters of a typical well in the conditions of the Samskoye field. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1254, С. 012052.
2. Ratov, B., Borash, A., Biletskiy, M., Khomenko, V., Koroviaka, Y. & Gusmanova, A. (2023). Identifying the operating features of a device for creating implosion impact on the water bearing formation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 125(1), С. 6–14.
3. Ihnatov, A., Haddad, J.S., Koroviaka, Y., Aziukovskyi, O., Rastsvietaiev, V. & Dmytruk, O. (2023). Study of rational regime and technological parameters of the hydromechanical drilling method. *Archives of Mining Sciences*, 68(2), С. 285–299.
4. Khomenko, V., Pashchenko, O., Ratov, B., Kirin, R., Svitlychnyi, S. & Moskalenko, A. (2024). Optimization of the technology of hoisting operations when drilling oil and gas wells. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1348(1), С. 012008.
5. Haddad, J.S., Denyshchenko, O., Kolosov, D., Bartashevskyi, S., Rastsvietaiev, V. & Cherniaiev, O. (2021). Reducing Wear of the Mine Ropeways Components Basing Upon the Studies of Their Contact Interaction. *Archives of Mining Sciences*, 66(4), С. 579–594.
- Ihnatov, A., Koroviaka, Y., Rastsvietaiev, V. & Tokar, L. (2021). Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling. *E3S Web of Conferences*, 230, С. 01016.