

**Коровяка М.Є., студентка 4 курсу, група 185-22-1, інститут
природокористування**

**Науковий керівник: Пашенко О.А., к.т.н., доцент
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»**

ТЕХНОЛОГІЇ, ПРОЦЕСИ ТА ВИКЛИКИ ПРИ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ

Видобуток вуглеводневої сировини, такої як нафта та природний газ, є фундаментальним елементом глобальної енергетичної системи, забезпечуючи сировиною промисловість, транспорт і побутове споживання. Вуглеводні формуються в результаті тривалих геологічних процесів, коли органічні рештки морських і наземних організмів під впливом високого тиску, температури та відсутності кисню перетворюються на гідрокарбони в осадових породах. Ці запаси накопичуються в пористих гірських породах, таких як пісковики чи вапняки, і утримуються в пастках – структурних, стратиграфічних або комбінованих. Процес видобутку починається з етапу геологічної розвідки, де застосовуються сучасні геофізичні методи, включаючи сейсмічну рефлексію, яка передбачає генерацію акустичних хвиль і реєстрацію їх відбиття від підземних шарів для створення 3D-моделей родовищ, гравіметрію для вимірювання варіацій гравітаційного поля та магнітні обстеження для виявлення магнітних аномалій, пов'язаних з геологічними структурами [1]. Ці методи дозволяють оцінити потенціал родовища без інвазивного втручання, мінімізуючи ризики та витрати.

Після підтвердження наявності запасів переходять до підготовки бурового майданчика. Це включає не лише будівництво інфраструктури, такої як дороги, платформи та системи постачання, але й оцінку екологічних ризиків, отримання дозволів від регуляторних органів і впровадження заходів безпеки, таких як бар'єри для запобігання ерозії ґрунту. Буріння свердловини є ключовим етапом: бурова установка, оснащена обертовим долотом, проникає в землю на глибину від 500 до понад 10 000 метрів, залежно від типу родовища. Під час буріння використовують бурові розчини (муди) на водній, олійній або синтетичній основі для охолодження інструменту, стабілізації стінок свердловини та виносу породи на поверхню. Після досягнення продуктивного горизонту свердловину обсаджують сталевими трубами та цементують для забезпечення герметичності, запобігання міграції флюїдів між шарами та захисту ґрунтових вод від забруднення. Тести на міцність, такі як гідравлічні випробування, підтверджують цілісність конструкції [2, 3].

Завершення свердловини передбачає перфорацію обсадних труб для створення каналів до пласта, а в разі низької проникності породи – застосування гідравлічного розриву пласта (ГРП, або фрекінг). Під час фрекінгу в свердловину під тиском до 100 МПа закачують суміш води (90-95%), пропанта (піску або керамічних гранул) та хімічних добавок (0,5-2%), таких як гелеутворювачі, стабілізатори та біоциди, для створення мікротріщин у породі та полегшення потоку вуглеводнів. Ця технологія революціонізувала видобуток нетрадиційних запасів, таких як сланцевий газ і щільна нафта, збільшивши видобуток у США на понад 60% за останнє десятиліття. Після фрекінгу починається експлуатація: вуглеводні витікають природним чином завдяки пластовому тиску або за допомогою механічних насосів (наприклад, штангових або електроцентробіжних), а супутні флюїди, такі як пластові води та гази, сепаруються на поверхні. Відходи, включаючи забруднену воду з фрекінгу, переробляються шляхом очищення, реінжекції в пласт або утилізації в спеціальних сховищах для мінімізації забруднення [4].

Залежно від локалізації родовища, видобуток поділяється на наземний і морський (офшорний). На суші застосовують стандартні бурові вишки, тоді як офшорний видобуток вимагає спеціалізованих платформ: фіксованих для мілководдя (до 500 м), напівзанурювальних для глибоководдя (до 3000 м) або плавучих систем типу FPSO (Floating Production Storage and Offloading), які поєднують видобуток, обробку та зберігання сировини з можливістю відвантаження на танкери. Для газових родовищ часто використовують компресорні станції для підтримки тиску в пласті та запобігання конденсації. Після видобутку сировину транспортують трубопроводами, танкерами або залізницею до НПЗ, де нафту фракціонують шляхом атмосферної та вакуумної дистиляції на бензин, дизель, гас та важкі фракції, а газ очищують від сірки, вуглекислого газу та інших домішок методом абсорбції або мембранної сепарації [5, 6, 7].

Видобуток вуглеводнів супроводжується значними екологічними викликами. Серед них – забруднення поверхневих і ґрунтових вод хімікатами з фрекінгу, викиди метану (CH_4), який є парниковим газом у 25 разів потужнішим за CO_2 , та ризики аварій, таких як розливи нафти (наприклад, Deepwater Horizon 2010 р., що призвів до забруднення 1800 км узбережжя). Сейсмічна активність, індукована реінжекцією відходів, може викликати землетруси, а будівництво інфраструктури призводить до фрагментації екосистем і втрати біорізноманіття. Для пом'якшення цих впливів впроваджують технології, такі як

горизонтальне буріння, яке дозволяє видобувати з кількох гілок однієї свердловини, зменшуючи поверхневий вплив на 70-90%, системи реального часу моніторингу витоків за допомогою сенсорів IoT та перехід на "зелені" хімікати в фрекінгу. Крім того, захоплення та зберігання вуглецю (CCS) інтегрується в процеси для скорочення викидів CO₂ [8, 9, 10].

Економіка видобутку залежить від волатильності цін на енергоносії, геополітичних факторів (наприклад, санкцій чи конфліктів у регіонах ОПЕК) та інвестицій у технології. Інновації, такі як цифрова геологія з AI для аналізу сейсмічних даних, машинне навчання для прогнозування продуктивності свердловин та автоматизовані бурові системи, підвищують ефективність на 20-30%. У майбутньому, з глобальним переходом до низьковуглецевої економіки, видобуток може скоротитися через зростання відновлюваних джерел, але короткостроково очікується зростання в офшорних проектах, інтеграція з водневою енергетикою та фокус на стійкості, включаючи електрифікацію платформ і використання біопалив для обладнання. Дослідження прогнозують, що до 2030 р. частка нетрадиційного видобутку зросте до 50%, але з посиленням регуляцій на викиди [11, 12, 13].

Загалом, видобуток вуглеводневої сировини є високотехнологічним процесом, що поєднує геонауку, інженерію та екологічний менеджмент. Його стійкий розвиток вимагає балансу між енергетичними потребами суспільства та збереженням довкілля, з акцентом на інновації та міжнародну співпрацю. У контексті глобальних кліматичних змін, таких як Паризька угода 2015 р., галузь повинна інтегрувати принципи циркулярної економіки, включаючи повторне використання відходів буріння як сировини для будівельних матеріалів або геополімерів, та розвивати гібридні системи з відновлюваними джерелами, наприклад, сонячними панелями для живлення офшорних платформ. Майбутні дослідження, орієнтовані на наноматеріали для селективного проппанта чи біотехнології для мікробного посиленого видобутку (MEOR), дозволять підвищити коефіцієнт вилучення нафти з 30-40% до 60% без значного зростання екологічного навантаження. Таким чином, еволюція видобутку вуглеводнів від традиційних методів до інтелектуальних систем забезпечить перехідний місток до постфосильної ери, зберігаючи енергетичну стабільність при мінімізації антропогенного впливу на біосферу.

Список використаної літератури:

1. Hyne N. J. Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling, and Production. 4th ed. PennWell Corporation; 2019. 720 p.
2. Schlumberger. Oilfield Glossary [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://glossary.oilfield.slb.com/>. Дата звернення: 28.10.2025.
3. American Petroleum Institute. Recommended Practice 54: Occupational Safety and Health for Oil and Gas Well Drilling and Servicing Operations [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.api.org/products-and-services/standards/important-standards-announcements/recommended-practice-54>. Дата звернення: 28.10.2025.
4. King G. E. Hydraulic Fracturing 101: What Every Representative, Environmentalist, Regulator, Reporter, Investor, University Researcher, Neighbor and Engineer Should Know About Estimating Frac Risk and Improving Frac Performance in Unconventional Gas and Oil Wells. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference; 2012. SPE Paper 152596.
5. Offshore Technology. Longest standing fixed offshore platforms: Ranking the oldest [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.offshore-technology.com/features/the-longest-standing-fixed-offshore-platforms/>. Дата звернення: 28.10.2025.
6. U.S. Energy Information Administration. Natural gas explained [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/>. Дата звернення: 28.10.2025.
7. International Energy Agency. Oil Refining [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-petrochemicals>. Дата звернення: 28.10.2025.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. EPA/600/R-16/236F; 2016.
9. Jackson R. B., Vengosh A., Carey J. W. et al. The Environmental Costs and Benefits of Fracking. Annual Review of Environment and Resources. 2014. Vol. 39. P. 327-362.
10. Intergovernmental Panel on Climate Change. Carbon Dioxide Capture and Storage. Special Report; 2005. 443 p.
11. BP. Energy Outlook 2023 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook.html>. Дата звернення: 28.10.2025.
12. International Energy Agency. World Energy Outlook 2024 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>. Дата звернення: 28.10.2025.
13. McKinsey & Company. The Future of Oil and Gas: Innovation and Transition. 2023. 45 p.