

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Економічний факультет

Кафедра економічної кібернетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Аналіз і прогнозування світових цін на нафту та газ

студента 4 курсу

спеціальності 051 «Економіка»

ОПП «Економічна кібернетика»

денної форми навчання

Бригінця Даніеля Федоровича

Науковий керівник:

кандидат фізико-математичних наук, доцент

Банна Оксана Леонідівна

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень із праць інших авторів без
відповідних посилань

Студент _____

Роботу допущено до захисту перед ЕК рішенням

кафедри економічної кібернетики від 12 червня

2025 р., протокол № 15

Завідувач кафедри: доктор економічних наук,

професор Ляшенко Олена Ігорівна

КИЇВ – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Актуальність теми	5
Об'єкт і предмет дослідження	6
Мета та завдання дослідження.....	7
Методи дослідження.....	8
Наукова новизна	10
Практичне значення дослідження.....	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	13
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА ЕНЕРГОНОСІЇ.....	14
1.1. Світовий ринок нафти і газу: загальні характеристики	14
1.2. Структура світового ринку нафти.....	17
1.2.1. Географічний розподіл запасів і видобутку.....	17
1.2.2. Організаційна структура ринку	18
1.2.3. Торгові майданчики та ринкові механізми	19
1.2.4. Бенчмарки (еталонні сорти нафти).....	20
1.3. Особливості світового ринку природного газу	21
1.3.1. Регіональна сегментація ринку.....	21
1.3.2. Способи постачання природного газу.....	22
1.3.3. Структура запасів і видобутку	22
1.3.4. Механізми ціноутворення на ринку газу	23
1.4. Ключові тенденції розвитку світових ринків нафти і газу	24
1.4.1. Сланцева революція та зростання енергетичного потенціалу США.	25
1.4.2. Глобалізація газового ринку завдяки розвитку ринку ЗПГ.....	25
1.4.3. Енергетичний перехід і "зелена трансформація" ринку.....	26
1.4.4. Цифровізація нафтогазового сектора.....	26
1.4.5. Геополітична нестабільність та зростання енергетичних ризиків.	26
1.5. Загальна характеристика сучасного ринку	27
1.6. Фактори, що впливають на формування цін	27

	3
1.6.1. Фундаментальні фактори попиту та пропозиції.....	28
1.6.2. Фінансові та спекулятивні фактори	30
1.6.3. Геополітичні фактори	30
1.6.4. Технологічні фактори	31
1.6.5. Екологічні та кліматичні фактори.....	31
1.6.6. Взаємодія факторів та часові горизонти	31
1.7. Теоретичні підходи до аналізу і прогнозування цін.....	32
1.7.1. Класичні статистичні та економетричні методи.....	32
1.7.2. Методи машинного навчання та штучного інтелекту.....	33
1.7.3. Фундаментальні та структурні моделі.	34
1.7.4. Технічний аналіз.	35
1.7.5. Поведінкові та експертні підходи	35
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СВІТОВИХ ЦІН НА НАФТУ І ГАЗ.....	37
2.1. Опис даних, джерел і методів збору	37
2.1.1. Джерела та структура даних.....	38
2.1.2. Методика збору, інтеграції та попередньої обробки даних	39
2.1.3. Інструменти та середовище обробки	40
2.1.4. Результат підготовки.....	41
2.2. Опис програмного забезпечення та середовища обчислень.....	41
2.2.1. Google Colaboratory (Colab).	41
2.2.2. Мова програмування Python і використовувані бібліотеки	43
2.2.3. Інші використані інструменти	44
2.2.4. Висновки щодо обчислювального середовища	44
2.3. Дослідження динаміки цін за допомогою Python.....	44
2.3.1. Завантаження та попередня обробка даних	45
2.3.2. Первинна агрегація та візуалізація обсягів торгів	46
2.3.3. Аналіз взаємозв'язку між ціною закриття і обсягом торгів	47
2.3.4. Візуалізація часових рядів цін.....	49
2.4. Загальні висновки з аналізу.....	50

	4
РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ СВІТОВИХ ЦІН НА НАФТУ І ГАЗ	51
3.1. Постановка задачі прогнозування	51
3.2. Обґрунтування вибору моделей прогнозування.....	51
3.3. Реалізація моделі прогнозування	52
3.3.1. Завантаження та попередня обробка даних	52
3.3.2. Реалізація моделі ARIMA та візуалізація результатів.....	54
3.3.3. Оцінка якості моделі прогнозування.....	57
3.4. Інтерпретація результатів і практичні висновки	58
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Актуальність теми

Нафта і природний газ упродовж десятиліть залишаються стратегічно важливими ресурсами, що формують енергетичну основу світової економіки. Вони забезпечують енергетичні потреби більшості країн світу, відіграють ключову роль у розвитку промисловості, транспорту, агропромислового комплексу та житлово-комунального господарства. Коливання цін на ці ресурси безпосередньо впливають на фінансові показники компаній, державні бюджети, рівень інфляції, валютні курси, інвестиційний клімат і соціально-економічну стабільність.

Динаміка світових цін на нафту і газ є вкрай нестабільною та багатофакторною. Вона формується під впливом як об'єктивних економічних чинників — таких як попит і пропозиція, рівень запасів, структура ринку, — так і геополітичних, екологічних, технологічних факторів. Зокрема, події на кшталт воєнних конфліктів, політичної нестабільності в країнах ОПЕК, санкційної політики, збоїв у поставках чи природних катастроф здатні спричинити різкі стрибки або обвали цін.

Останніми роками проблема прогнозування цін на енергоносії загострилась в умовах глобальної енергетичної трансформації. Курс на декарбонізацію, розвиток відновлюваних джерел енергії, скорочення споживання викопних палив і посилення регуляторного тиску з боку міжнародних організацій ведуть до зміни структури попиту та інвестицій у традиційні енергоресурси. Водночас, попри зростання частки «зеленої» енергетики, нафта і газ залишаються базовими джерелами енергії, особливо для країн, що розвиваються.

У зв'язку з цим, зростає потреба у вдосконалених підходах до аналізу та прогнозування динаміки світових цін на нафту і газ. Використання сучасних інструментів економіко-математичного моделювання, включаючи алгоритми машинного навчання, методи статистичного аналізу та обробки великих обсягів даних (Big Data), відкриває нові перспективи для формування більш точних і адаптивних моделей. Це, своєю чергою, дозволяє знизити невизначеність у

прийнятті управлінських рішень і зменшити ризики, пов'язані з ціновими шоками на енергетичних ринках.

Таким чином, дослідження процесів формування та прогнозування світових цін на нафту і газ є не лише актуальним з наукової точки зору, але й надзвичайно важливим з практичної позиції для державної політики, корпоративного управління, інвестиційного аналізу та розробки стратегій сталого розвитку.

Актуальність теми також посилюється сучасними викликами глобальної енергетичної безпеки, інфляційного тиску та постковідної реконфігурації світової економіки.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є світовий ринок нафти і природного газу як складна динамічна система, що функціонує під впливом глобальних економічних, політичних, екологічних та технологічних факторів. Світовий ринок енергоносіїв включає в себе сукупність виробників, споживачів, трейдерів, регуляторів та біржових інституцій, взаємодія яких формує процес ціноутворення на основі попиту і пропозиції, очікувань інвесторів, геополітичної ситуації та структурних змін у глобальній економіці. Світовий ринок нафти і газу характеризується високим рівнем волатильності, асиметричністю інформації, значною залежністю від коротко- та довгострокових очікувань, що робить його об'єктом підвищеної уваги з боку економістів, фінансистів, аналітиків та урядових структур. Враховуючи його багатомірність, він становить інтерес як для фундаментальних досліджень у сфері економіки енергетики, так і для прикладних завдань прогнозування цін, розробки антикризових стратегій та управління ризиками.

Предметом дослідження виступають економіко-математичні методи та моделі аналізу і прогнозування динаміки світових цін на нафту і природний газ, зокрема ті, що дозволяють виявити закономірності змін цін, оцінити вплив зовнішніх чинників, побудувати прогностичні сценарії та забезпечити обґрунтовану підтримку прийняття рішень.

Особлива увага в межах предмету дослідження приділяється застосуванню сучасних інформаційно-аналітичних технологій, включно з обробкою великих даних, машинним навчанням, статистичним аналізом часових рядів, методами регресійного, кластерного та факторного аналізу. Вивчення предмета дозволяє формувати практичні рекомендації для енергетичних компаній, державних установ і фінансових інститутів щодо розробки стратегій ціноутворення, хеджування ризиків та прогнозування ринкових трендів.

Таким чином, об'єкт і предмет дослідження взаємопов'язані та доповнюють один одного: об'єкт задає загальну систему, в межах якої відбувається ціноутворення, тоді як предмет концентрується на інструментарії, який дозволяє цю систему дослідити, проаналізувати й моделювати.

Мета та завдання дослідження

Мета дослідження полягає у розробці, обґрунтуванні та практичній реалізації комплексного підходу до аналізу та прогнозування світових цін на нафту і природний газ із використанням сучасних інструментів економіко-математичного моделювання, економетрики та методів машинного навчання.

Такий підхід має забезпечити глибше розуміння цінової динаміки на енергетичних ринках, виявлення закономірностей та ключових факторів впливу, а також підвищити точність побудови прогностичних моделей для практичного застосування в умовах високої нестабільності та невизначеності.

Досягнення поставленої мети передбачає реалізацію низки конкретних завдань дослідження, серед яких:

1. Провести огляд і систематизацію теоретичних підходів до аналізу світових цін на нафту і газ, зокрема методів прогнозування часових рядів у контексті економіки енергетики.
2. Дослідити сучасні тенденції та особливості функціонування глобального ринку нафти і газу.
3. Зібрати, очистити та підготувати великий масив історичних даних про ціни на нафту і газ (Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas, Heating Oil) з

відкритих міжнародних джерел для подальшого аналітичного опрацювання.

4. Здійснити економіко-статистичний аналіз динаміки цін та обсягів торгівлі, побудувати візуалізації та виявити закономірності у поведінці досліджуваних енергоносіїв.
5. Побудувати прогностичні моделі з використанням сучасних методів, таких як ARIMA, а також провести їх валідацію та оцінку точності.
6. Порівняти ефективність різних моделей прогнозування, визначити їх сильні та слабкі сторони, надати обґрунтовані рекомендації щодо вибору оптимального підходу залежно від поставлених цілей та умов застосування.
7. Сформулювати практичні висновки та пропозиції щодо можливого використання результатів аналізу і прогнозування цін у процесі прийняття управлінських рішень суб'єктами ринку енергоносіїв, державними регуляторами та фінансовими установами.

Таким чином, сукупність завдань спрямована на досягнення головної дослідницької мети — побудову ефективної аналітичної платформи для оцінки та прогнозу змін цін на нафту і газ, що враховує багатофакторну природу ринку та забезпечує високу прикладну цінність отриманих результатів.

Методи дослідження

У процесі виконання дослідження було застосовано комплекс загальнонаукових, економіко-статистичних та спеціалізованих методів, які дозволили здійснити всебічний аналіз динаміки світових цін на нафту і газ, оцінити вплив різноманітних факторів та побудувати ефективні прогностичні моделі. Комбіноване використання кількох методологічних підходів забезпечило глибину, точність і надійність отриманих результатів.

До основних методів дослідження належать:

- Системний аналіз, який дозволив розглядати світовий ринок нафти і газу як складну відкриту систему з великою кількістю взаємопов'язаних елементів.

- Економіко-статистичні методи, зокрема аналіз часових рядів, описова статистика, кореляційний та регресійний аналіз – були використані для вивчення історичних змін цін на нафту і газ, оцінки трендів, сезонних коливань, волатильності та внутрішньої структури даних. Застосування цих методів дозволило виявити ключові закономірності та закономірні аномалії у ціновій динаміці.
- Методи економетричного моделювання, зокрема авторегресійні моделі (ARIMA), використовувалися для кількісного вимірювання впливу зовнішніх чинників на зміну цін, а також для побудови базових прогнозів на основі історичних залежностей.
- Методи машинного навчання застосовувалися з метою підвищення точності прогнозування цін за рахунок урахування складної нелінійної поведінки ринкових змінних, можливості виявлення прихованих патернів та адаптації до нових даних.
- Методи візуалізації даних, зокрема побудова графіків часових рядів, дозволили наочно представити результати аналітичних досліджень, спростити інтерпретацію отриманих висновків та підвищити наочність аналітичних звітів.
- Порівняльний аналіз, що передбачав оцінку точності, стабільності та обґрунтованості результатів різних моделей прогнозування, був використаний для вибору оптимального інструментарію, з урахуванням якості передбачення, інтерпретованості та обчислювальної ефективності.

Практична реалізація методологічних підходів здійснювалася з використанням мови програмування Python, а також бібліотек:

- pandas, numpy – для обробки та аналізу даних;
- matplotlib, seaborn – для побудови візуалізацій;
- statsmodels, scikit-learn, prophet – для реалізації економетричних та машинних моделей.

Додатково було застосовано спеціалізоване програмне середовище Loginom, яке дозволило реалізувати модуль побудови прогностичних моделей у

візуальному середовищі без глибокого програмування, що сприяло швидкому тестуванню різних гіпотез та сценаріїв.

Комплексне застосування зазначених методів дозволило здійснити повноцінне дослідження як у теоретичному, так і в прикладному аспектах, охопивши всі етапи аналітичного процесу – від збору та підготовки даних до формування висновків і прогнозів.

Наукова новизна

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Удосконалено методичний підхід до комплексного аналізу факторів впливу на формування світових цін на нафту і газ з урахуванням їх взаємозв'язків та сили впливу.
2. Розроблено алгоритм гібридного прогнозування цін на енергоносії, що поєднує класичні економетричні моделі та методи машинного навчання.
3. Запропоновано підхід до оцінки точності прогнозів, який враховує специфіку волатильності цін на енергетичних ринках.
4. Вдосконалено методику визначення оптимальних параметрів моделей прогнозування цін на нафту і газ.
5. Інтегровано інструменти Python-аналітики у практику економічних досліджень цінової динаміки, що забезпечує автоматизацію процесів збору, обробки, візуалізації та прогнозування даних. Таким чином, розроблена система аналітики може слугувати основою для створення програмного модуля підтримки прийняття рішень в енергетичній сфері.

Таким чином, наукова новизна дипломного дослідження полягає не лише у вдосконаленні окремих інструментів аналізу, а й у формуванні цілісної концепції застосування сучасних цифрових технологій для вирішення складних прикладних завдань прогнозування на ринку енергоносіїв.

Практичне значення дослідження

Практичне значення одержаних у межах дослідження результатів полягає у можливості їх широкого використання в аналітичній, прогностичній, освітній та прикладній діяльності різних суб'єктів економічних відносин. Зокрема,

запропонований підхід до аналізу та прогнозування світових цін на нафту і газ має потенціал до практичного впровадження в роботі:

- Органів державної влади – для формування збалансованої енергетичної політики, оцінки впливу цінових змін на економічну безпеку, планування бюджетних надходжень у країнах-експортерах або імпортерах енергоносіїв, а також для розробки механізмів реагування на зовнішні шоки на енергетичних ринках.
- Енергетичних компаній і підприємств паливно-енергетичного комплексу – для оптимізації стратегічного планування, оцінки інвестиційної доцільності нових проєктів, побудови цінових сценаріїв, оцінки ризиків операційної діяльності, планування хеджування та укладання довгострокових контрактів.
- Фінансових установ і інвесторів – у процесі формування інвестиційних портфелів, оцінки волатильності ринків, розрахунку VaR (Value at Risk), розробки деривативів, пов'язаних із ціновими коливаннями на нафту і газ, а також у трейдингу біржових товарів на основі аналітики з використанням прогнозних моделей.
- Науково-дослідних центрів та аналітичних установ – як база для поглиблених економетричних досліджень, аналізу структурних зрушень на ринку енергоносіїв, розробки моделей впливу кліматичних змін, аналізу політик декарбонізації та взаємодії традиційної і відновлюваної енергетики.
- Закладів вищої освіти – у навчальному процесі для підготовки фахівців з економічної кібернетики, енергетичної економіки, аналітики ринку, для проведення лабораторних робіт, створення кейсів з аналізу великих даних, а також як приклад інтеграції прикладного програмування, машинного навчання та економіки у рамках міждисциплінарного навчання.

Окрім цього, реалізований у дослідженні підхід може бути використаний для створення аналітичних програмних рішень (dashboard, API, прогнозних модулів), які можуть автоматизувати процес моніторингу цін на нафту і газ, що

є особливо актуальним для галузей, де критичне значення має своєчасне реагування на зміну ринкових умов.

Таким чином, результати дослідження володіють значним потенціалом прикладного застосування в реальних умовах сучасної економіки, сприяючи підвищенню ефективності управлінських рішень, зменшенню фінансових ризиків та підтримці сталого розвитку енергетичного сектора.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

У процесі виконання дипломної роботи використовувалися наступні скорочення, символи та терміни:

1. ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) — авторегресивна інтегрована модель ковзного середнього, що використовується для аналізу й прогнозування часових рядів.
2. p , d , q — параметри моделі ARIMA, де:
 - p — порядок авторегресії (кількість лагів залежної змінної),
 - d — порядок інтегрування (кількість диференціювань для досягнення стаціонарності),
 - q — порядок ковзного середнього (кількість лагів помилки).
3. R^2 — коефіцієнт детермінації, що показує частку дисперсії залежної змінної, яка пояснюється побудованою моделлю.
4. p -value — рівень статистичної значущості, що використовується для перевірки гіпотез щодо параметрів моделі.
5. Close — ціна закриття торгової сесії, яка використовується як основна змінна у часових рядах.
6. Date — календарна дата спостереження в часовому ряду.
7. WTI (West Texas Intermediate) — еталонний сорт сирої нафти, який широко торгується в США.
8. Forecast horizon — горизонт прогнозування, тобто період, на який здійснюється передбачення майбутніх значень (у роботі: 6 місяців).
9. Python — мова програмування, що використовувалась для попередньої обробки даних, аналізу та візуалізації.
10. Loginom — програмне середовище для візуального моделювання, аналізу даних і побудови прогнозних моделей.
11. CSV / XLSX — формати файлів з табличними даними (Comma-Separated Values, Excel Spreadsheet), що використовувались для імпорту та обробки інформації.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЦІН НА ЕНЕРГОНОСІЇ

1.1. Світовий ринок нафти і газу: загальні характеристики

Світовий ринок нафти і природного газу — це складна багаторівнева система економічних, геополітичних і технологічних взаємозв'язків, яка охоплює повний ланцюг створення вартості енергоносіїв — від розвідки і видобутку сировини до її транспортування, переробки, торгівлі та кінцевого споживання. Цей ринок є одним із найважливіших у світовій економіці, адже нафтові та газові ресурси виступають основними джерелами енергії для більшості країн, забезпечують функціонування промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства, а також формують основу для енергетичної безпеки держав.

Глобальний ринок енергоносіїв відрізняється від інших сегментів товарного ринку низкою важливих характеристик, які зумовлюють його специфіку та складність функціонування. Передусім, він має яскраво виражений глобальний характер: нафта і газ транспортуються між континентами морськими шляхами, через трубопроводи та у вигляді скрапленого природного газу (LNG), що дозволяє формувати єдину систему цінових сигналів на світовому рівні. Події навіть у віддалених регіонах — наприклад, політичні конфлікти, страйки або стихійні лиха — можуть миттєво вплинути на динаміку цін по всьому світу.

Ще однією важливою особливістю є високий рівень концентрації видобутку: більшість світових запасів нафти та основний обсяг її видобутку зосереджено в обмеженій кількості країн, серед яких Саудівська Аравія, США, Росія, Ірак, Канада та Іран. У секторі природного газу ключову роль відіграють Росія, США, Катар, Норвегія та Іран (рис. 1.1.). Така концентрація формує стратегічну взаємозалежність між країнами-експортерами та імпортерами, що посилює геополітичну напругу на ринку.

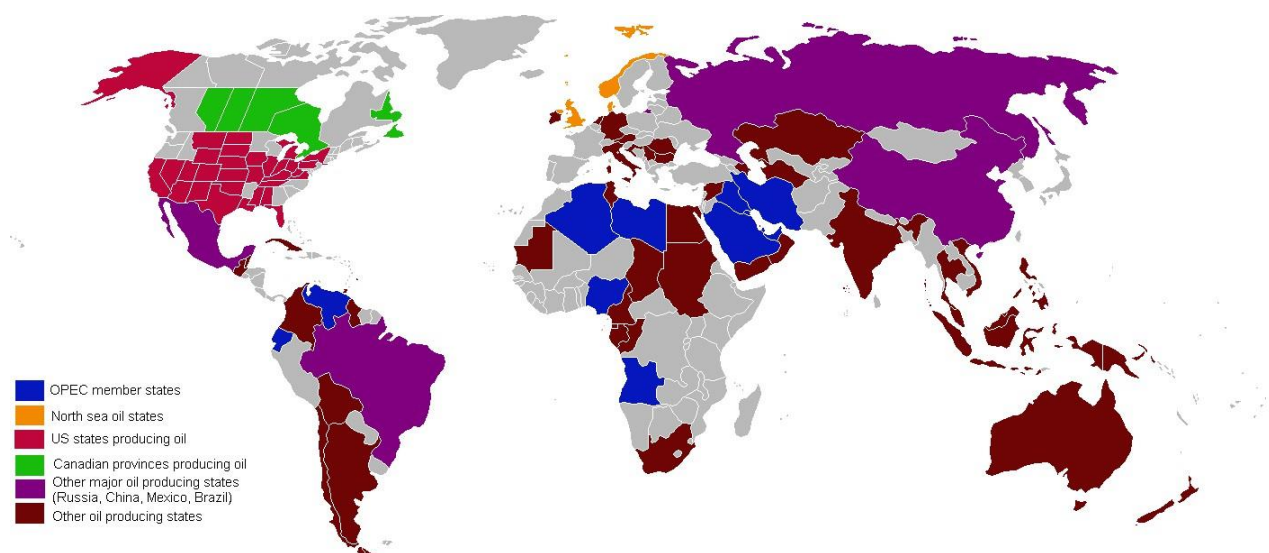


Рис. 1.1. Країни-виробники нафти. Джерело: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oil_producing_countries_map.png

Світовий ринок нафти і газу також вирізняється структурною неоднорідністю. Ринок нафти є більш уніфікованим і ліквідним, оскільки основна торгівля здійснюється через стандартизовані сорти — Brent Crude і WTI, які виступають глобальними еталонами. Натомість ринок природного газу залишається фрагментованим і регіоналізованим, із суттєвими відмінностями у ціноутворенні між Північною Америкою, Європою та Азійсько-Тихоокеанським регіоном. Його структура значною мірою залежить від інфраструктури трубопроводів, LNG-терміналів та довгострокових контрактів.

Цінова динаміка на енергетичних ринках характеризується високою волатильністю. Формування цін на нафту і газ відбувається під впливом багатьох чинників — балансу попиту і пропозиції, стану світової економіки, політики ключових виробників (зокрема країн ОПЕК+), валютних коливань, рішень центральних банків, кліматичних ініціатив, а також фінансових та спекулятивних потоків. Таке поєднання чинників зумовлює непередбачуваність та циклічність коливань цін, що суттєво ускладнює їх точне прогнозування.

Ще однією характерною рисою є високий ступінь фінансіалізації ринку. Значна частина операцій з нафтою і газом здійснюється не у фізичному вигляді, а через фінансові інструменти — ф'ючерси, опціони, свопи, які активно торгуються на таких біржах, як ICE, NYMEX, CME. Це підвищує роль

інституційних інвесторів, банків і хедж-фондів у ціноутворенні та призводить до посилення спекулятивного чинника.

Окремо варто відзначити стратегічне значення енергоносіїв для національних економік. Для країн-експортерів доходи від продажу нафти і газу становлять основу державного бюджету, валютних резервів і фінансової стабільності. У свою чергу, країни-імпортери надзвичайно чутливі до коливань світових цін, оскільки вони впливають на витрати виробництва, рівень інфляції, платіжний баланс та загальну конкурентоспроможність. Саме тому питання енергетичної незалежності, диверсифікації постачань та стратегічного резерву нафти і газу залишаються пріоритетними в державній політиці більшості країн світу.

Унікальна багатофакторна природа світового ринку нафти і газу зумовлює необхідність його постійного вивчення, аналізу та моделювання в умовах динамічних трансформацій і глобальних викликів.

У структурному плані світовий ринок складається з трьох основних сегментів:

1. Видобувний — охоплює компанії, що здійснюють розвідку, буріння, видобуток нафти і газу (наприклад, ExxonMobil, Saudi Aramco, Gazprom).
2. Транспортно-логістичний — включає трубопровідні системи, танкери, LNG-термінали (наприклад, Nord Stream, Transneft, Cheniere Energy).
3. Торгівельно-фінансовий — охоплює біржі, трейдерів, інвестиційні фонди (наприклад, Vitol, Glencore, Shell Trading).

У 2020-х роках ринок зазнає серйозних трансформацій, зумовлених впровадженням глобального енергетичного переходу. Стратегії декарбонізації, розвиток відновлюваних джерел енергії, зростаючі інвестиції у водень, акумулятори, електромобілі — усе це поступово змінює баланс сил між традиційними і новими енергетичними джерелами. Водночас нафтовий і газовий сектори зберігають свою роль як перехідне паливо, забезпечуючи енергетичну гнучкість у період перебудови.

Отже, світовий ринок нафти і газу — це надзвичайно динамічна система з високим ступенем інтегрованості, складними механізмами формування цін і критичною важливістю для функціонування глобальної економіки. Розуміння його характеристик є необхідною передумовою для подальшого аналізу цінової поведінки та побудови ефективних моделей прогнозування.

1.2. Структура світового ринку нафти

Світовий ринок нафти є надзвичайно складною багаторівневою системою, яка об'єднує географічно розосереджені родовища, потужну інфраструктуру, багатомільярдні інвестиційні потоки, глобальні корпорації, державні регулятори та фінансові інституції. Його структура формується під впливом історичних, політичних, економічних та технологічних чинників, що зумовлюють специфіку функціонування ринку в цілому. Структурно ринок нафти можна охарактеризувати за кількома основними ознаками: географічним розподілом ресурсів і виробництва, організаційною побудовою, торговими платформами та ціновими еталонами.

1.2.1. Географічний розподіл запасів і видобутку.

Світові запаси нафти мають вкрай нерівномірний розподіл (рис. 1.2.). Близько 48% доведених запасів зосереджено в країнах Близького Сходу, зокрема в Саудівській Аравії, Ірані, Іраку, Кувейті та Об'єднаних Арабських Еміратах. Ці держави є традиційними експортерами, які історично визначали глобальні цінові тенденції.

На другому місці за запасами перебувають країни Північної та Південної Америки ($\approx 19\%$), серед яких особливо вирізняються Венесуела (що має одні з найбільших доведених запасів у світі), Бразилія, Мексика та США. Африка, яка володіє близько 12% запасів, представлена здебільшого країнами Західної та Центральної Африки — Нігерією, Анголою, Лівією, Алжиром. Країни СНД, передусім Росія та Казахстан, контролюють приблизно 10% світових нафтових ресурсів.

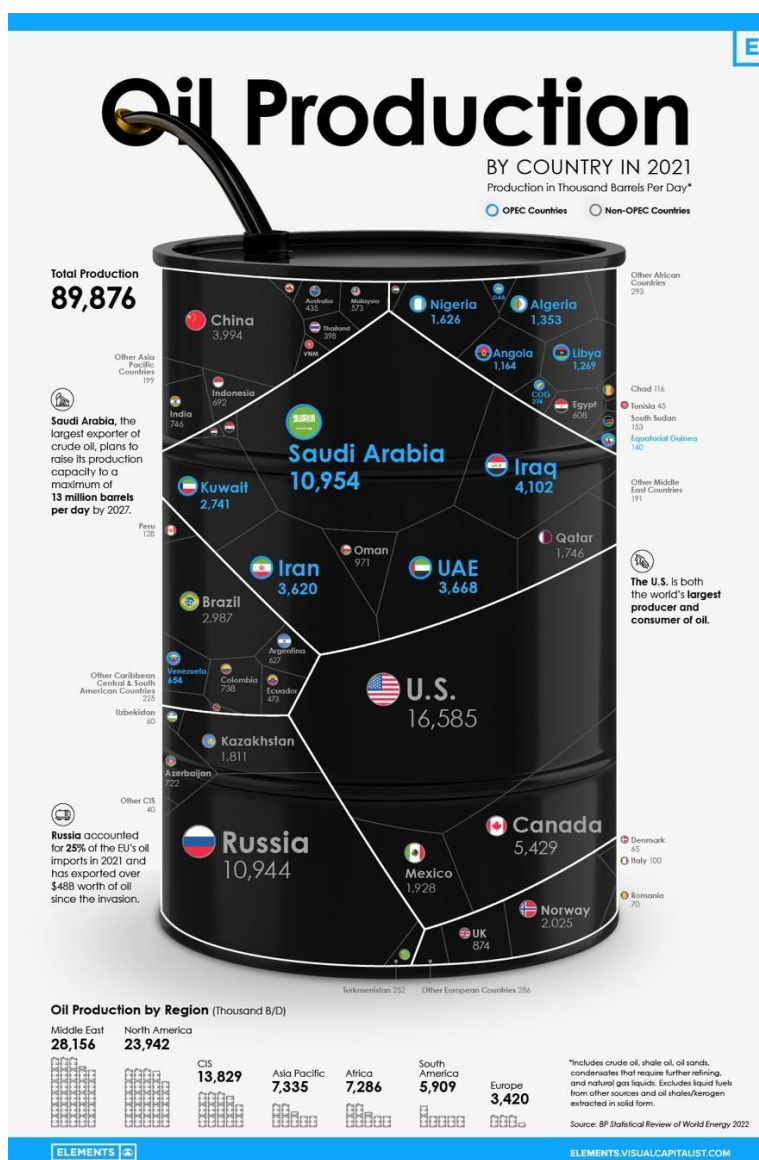


Рис. 1.2. Найбільші світові країни-виробники нафти у 2021 році.

Джерело: <https://elements.visualcapitalist.com/largest-oil-producers/>

Водночас географія фактичного видобутку не завжди відповідає географії запасів. США, наприклад, не маючи найбільших запасів, залишаються провідним світовим виробником завдяки інтенсивному використанню сланцевих технологій. Разом із Саудівською Аравією, Росією, Канадою та Китаєм ці країни формують групу лідерів, які сумарно забезпечують понад половину щорічного глобального видобутку.

1.2.2. Організаційна структура ринку.

Світовий ринок нафти є поліцентричним з точки зору структури власності, ролей та функцій його учасників. Основними гравцями виступають національні нафтові компанії (NOCs), такі як Saudi Aramco (Саудівська Аравія), National

Iranian Oil Company (Іран), Petrobras (Бразилія), Gazprom Neft (РФ), які контролюють близько 75% світових запасів нафти та в багатьох випадках здійснюють вертикально інтегрований контроль над усіма етапами нафтового циклу — від розвідки до експорту.

Поряд з ними діють міжнародні нафтові компанії (ІОС) — ExxonMobil, BP, Shell, Chevron, TotalEnergies та інші (рис. 1.3.), які мають доступ до передових технологій видобутку, значний капітал та глобальну присутність. Хоча вони контролюють меншу частку запасів, їх вплив на інновації, ефективність і ринкові процеси є надзвичайно високим.

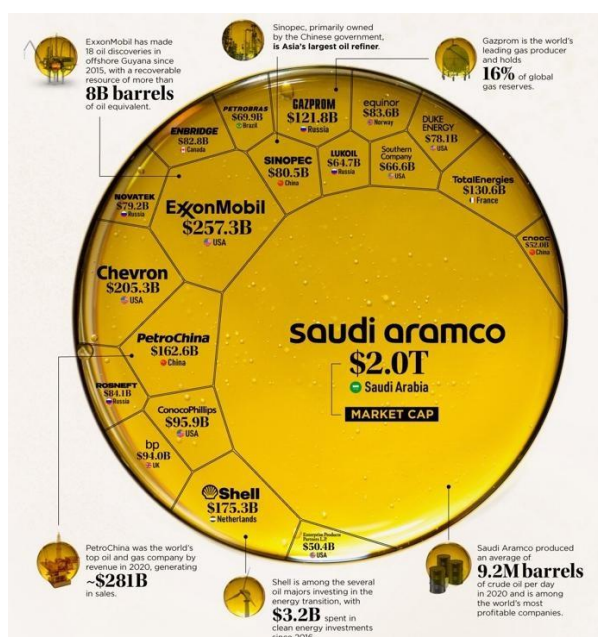


Рис. 1.3. Найбільші нафтогазові компанії світу на 2021 рік.

Джерело: <https://elements.visualcapitalist.com/the-largest-oil-and-gas-companies-in-the-world/>

Ключову роль в організаційній структурі ринку відіграє Організація країн-експортерів нафти (ОПЕК), до складу якої входить 13 держав, які разом контролюють понад 40% світового видобутку і близько 70% світових запасів. Через координацію квот видобутку, рішення ОПЕК (а останніми роками — у форматі ОПЕК+) безпосередньо впливають на глобальні ціни.

1.2.3. Торгові майданчики та ринкові механізми.

Центральним елементом структури світового нафтового ринку є біржова торгівля, яка забезпечує ліквідність, прозорість і швидкість реагування на зміни.

Найбільшими міжнародними платформами є New York Mercantile Exchange (NYMEX) та Intercontinental Exchange (ICE), де укладаються ф'ючерсні контракти на найпопулярніші сорти нафти.

На цих майданчиках здійснюється торгівля як у сегменті спотового ринку (операції з негайною поставкою), так і ф'ючерсного та опціонного ринків, де відбувається хеджування ризиків і спекулятивна торгівля. Фінансіалізація ринку значно посилила роль інституційних інвесторів, хедж-фондів та банків у процесі ціноутворення.

Важливо зазначити, що спотова торгівля нафтою сьогодні лише частково відображає реальні фізичні поставки — значну частину операцій становлять паперові угоди, укладені з метою управління ризиками або спекулятивного прибутку.

1.2.4. Бенчмарки (еталонні сорти нафти).

У світовій практиці ціни на нафту прив'язані до кількох ключових бенчмарків — сортів, які служать орієнтиром для оцінки якості й вартості інших видів нафти.

- Brent Crude — найпоширеніший глобальний еталон, що видобувається в Північному морі. Служить основним індикатором для торгівлі нафтою в Європі, Африці та Азії.
- WTI (West Texas Intermediate) — американський еталон, що використовується на ринку США. Має меншу вологість і вміст сірки, тому вважається "легшою" нафтою.
- Dubai/Oman — еталони для торгівлі нафтою з Близького Сходу в напрямку Азії, менш ліквідні, але важливі для цінних контрактів з довгостроковою прив'язкою.

Рівень котирування цих бенчмарків визначається ринковим попитом і пропозицією, а також очікуваннями трейдерів, біржовими прогнозами та макроекономічними показниками. Усі інші сорти нафти (наприклад, Urals, Basrah Light, Bonny Light) продаються з надбавкою або знижкою до одного з основних еталонів.

1.3. Особливості світового ринку природного газу

Світовий ринок природного газу має низку специфічних особливостей, які вирізняють його з-поміж інших ринків енергоресурсів, насамперед у порівнянні з глобалізованим ринком нафти. Його структура, географія, механізми ціноутворення та логістика формувалися під впливом технічних обмежень і регіональної політики постачання. Попри поступову інтернаціоналізацію, ринок газу все ще зберігає фрагментовану природу, що обумовлює неоднорідність його розвитку у світі.

1.3.1. Регіональна сегментація ринку.

На відміну від нафти, що вільно транспортується танкерами по всьому світу, ринок газу довгий час залишався регіоналізованим через обмежену мобільність ресурсу. Через високу вартість транспортування, складність у зберіганні, необхідність будівництва масштабної інфраструктури (трубопроводи, термінали ЗПГ), торгівля газом довгий час здійснювалася переважно в межах окремих регіонів.

Традиційно виділяють три основні регіональні ринки природного газу:

- Північноамериканський ринок (США, Канада, Мексика), який є найбільш лібералізованим, з високим рівнем конкуренції, прозорими механізмами ціноутворення та розвиненою біржовою торгівлею (наприклад, через хаб Henry Hub). Завдяки сланцевій революції США стали не лише найбільшим виробником, але й експортером ЗПГ.
- Європейський ринок, що історично був залежним від трубопровідного імпорту з Росії (Nord Stream, Yamal-Europe), але останніми роками активно диверсифікується за рахунок постачання ЗПГ з Катару, США та Африки. В Європі розвинені хаби газової торгівлі, такі як TTF (Нідерланди) та NBP (Велика Британія).
- Азійсько-тихоокеанський ринок, який характеризується значною часткою ЗПГ у структурі постачання та тривалими контрактами з фіксованою формулою ціноутворення. Основні імпортери — Японія, Китай, Південна

Корея, Індія — демонструють стабільно високий попит, що підтримує ціни.

Незважаючи на активний розвиток торгівлі зрідженим газом, ці регіональні ринки поки що не об'єдналися в єдиний глобальний простір — різні ціни, контракти, транспортні маршрути та політичні підходи зберігають їх автономність.

1.3.2. Способи постачання природного газу.

Специфіка фізичної форми природного газу зумовлює складність його транспортування. Основними шляхами поставки є:

- Трубопровідний транспорт, який історично домінує у світовій торгівлі газом, забезпечуючи близько 70% обсягів. Це стосується як внутрішніх поставок (наприклад, у США), так і трансконтинентальних маршрутів, як-от російський експорт до ЄС, або алжирський — до Італії та Іспанії. Головна перевага — висока пропускна здатність і стабільність постачань; головний недолік — висока капіталомісткість та залежність від політичної стабільності на маршрутах транзиту.
- Зріджений природний газ (ЗПГ, LNG), що транспортується морськими танкерами після охолодження до -162 °С. За останні два десятиліття торгівля ЗПГ зросла в рази, і зараз становить приблизно 30% міжнародного газообігу. Головна перевага — гнучкість поставок, можливість доставки в будь-який регіон без необхідності прокладки трубопроводів. Основні експортери ЗПГ — Катар, США, Австралія, Малайзія; головні імпортери — Японія, Китай, Південна Корея.

Інфраструктура ЗПГ швидко розвивається, що поступово зменшує регіональну фрагментованість ринку й підвищує конкуренцію між постачальниками.

1.3.3. Структура запасів і видобутку.

Природний газ, як і нафта, має нерівномірний географічний розподіл (рис. 1.4.). За даними МЕА, близько 24% світових запасів зосереджено в Росії, 17% —

в Ірані, і ще 12% — у Катарі. Ці три країни разом контролюють понад половину світових доведених ресурсів.

Проте найбільшим виробником газу є США, що з 2009 року стрімко збільшили видобуток завдяки розвитку сланцевих технологій. За ними йдуть Росія, яка має потужну трубопровідну систему, Іран, Катар (в основному як експортер ЗПГ), а також Канада, Китай і Норвегія.

Таким чином, лідери за запасами не завжди збігаються з лідерами за виробництвом, що обумовлює різні економічні моделі та енергетичну політику держав.

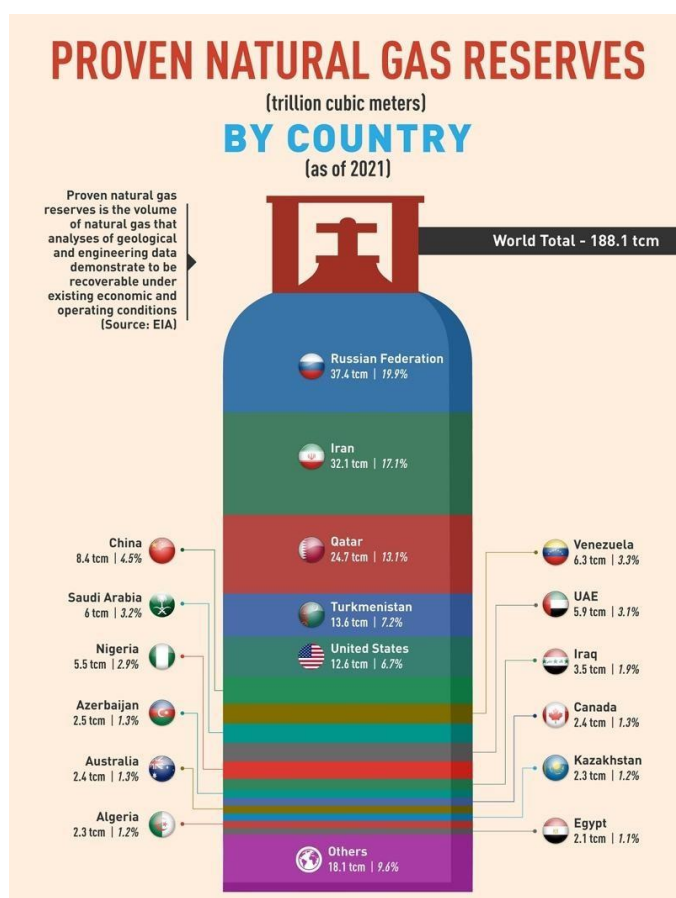


Рис. 1.4. Резерви природного газу по країнах у 2021 році.

Джерело: <https://www.visualcapitalist.com/cp/visualizing-natural-gas-reserves-by-country/>

1.3.4. Механізми ціноутворення на ринку газу.

На відміну від нафти, де переважає глобальна прив'язка до бенчмарків, на ринку газу історично склалося кілька паралельних моделей ціноутворення, що діють залежно від регіону, типу контракту та джерела постачання.

- Ціноутворення за формулою з прив'язкою до нафти. Традиційно використовувалося в довгострокових контрактах, особливо в Європі та Азії. Ціна газу встановлювалася з урахуванням середньої вартості нафти або нафтопродуктів (наприклад, мазуту) за певний період із часовим лагом. Такий підхід забезпечував прогнозованість для постачальників, але не завжди відповідав ринковій ситуації.
- Спотове та хабове ціноутворення. Набуло поширення у Північній Америці (зокрема через хаб Henry Hub) і згодом у Європі (через TTF, NBP). Тут ціна визначається ринком на основі співвідношення попиту і пропозиції, з урахуванням біржових торгів. Така модель забезпечує гнучкість, ліквідність і швидку реакцію на ринкові сигнали.
- Гібридні моделі. У багатьох випадках застосовуються комбіновані підходи, коли частина контракту фіксується за формулою, а інша — залежить від поточних цін на хабах. Це дозволяє знизити ризики для обох сторін — виробників і споживачів.

Зростання конкуренції між ЗПГ і трубопровідним газом, розвиток інфраструктури та лібералізація торгівлі поступово зміщують світ до уніфікованого підходу до ціноутворення. Однак цей процес нерівномірний і залежить від політики держав, рівня конкуренції та контрактної бази.

1.4. Ключові тенденції розвитку світових ринків нафти і газу

Упродовж останніх десятиліть світові ринки нафти і природного газу зазнали глибоких змін, обумовлених комплексом технологічних проривів, економічних перебудов, політичних рішень і глобальних стратегічних трендів. Ці процеси не лише трансформували структуру видобутку, транспортування і споживання енергоносіїв, а й сформували нові виклики для учасників ринку, змінили географію впливу та логіку ціноутворення. Нижче наведено ключові тенденції, які визначають сучасний і майбутній розвиток світових ринків нафти і газу.

1.4.1. Сланцева революція та зростання енергетичного потенціалу США.

Однією з найбільш визначальних трансформацій у XXI столітті стала так звана сланцева революція, яка радикально змінила структуру світового енергетичного ринку. Розвиток і масове впровадження технологій гідравлічного розриву пласта та горизонтального буріння дозволили США не лише вийти з позиції енергозалежності, а й перетворитися на найбільшого виробника нафти і природного газу у світі. Така динаміка призвела до зниження глобальних цін у 2014–2016 роках, зменшення ролі ОПЕК як монополізуючого центру, а також підвищення конкуренції в експорті енергоносіїв.

США також активно розвивають інфраструктуру експорту зрідженого природного газу (ЗПГ), розширюючи свою присутність на європейському та азійському ринках і зменшуючи енергетичну залежність багатьох країн від традиційних постачальників. Сланцеві ресурси стали не лише джерелом енергетичної потужності, а й інструментом геополітичного впливу США.

1.4.2. Глобалізація газового ринку завдяки розвитку ринку ЗПГ.

Ще одним потужним трендом є експансія ринку зрідженого природного газу. Якщо у 2000-х роках ЗПГ становив лише близько 10% від обсягу міжнародної торгівлі газом, то наразі його частка перевищує 30% і продовжує зростати. Країни з обмеженим доступом до трубопроводів, зокрема Японія, Південна Корея, Індія та Туреччина, активно інвестують у LNG-термінали. З іншого боку, нові експортери — США, Австралія, Мозамбик, Танзанія — нарощують виробничі потужності.

Зростання ролі ЗПГ сприяє глобалізації газового ринку, зменшенню регіональних диспропорцій, вирівнюванню цін між ринками та формуванню єдиної системи конкуренції постачальників. У довгостроковій перспективі це може сприяти створенню аналогів нафтових бенчмарків для газу, а також посиленню хабового ціноутворення.

1.4.3. Енергетичний перехід і "зелена трансформація" ринку.

Світ вступив у фазу глобального енергетичного переходу, метою якого є декарбонізація економіки, зниження залежності від викопного палива та розвиток відновлюваних джерел енергії. В рамках Паризької кліматичної угоди, а також європейського "Зеленого курсу" та стратегій США, Канади, Японії, дедалі більше інвестицій спрямовується у вітрову, сонячну, водневу енергетику та енергоефективність.

На цьому тлі нафта і газ все ще залишаються ключовими енергоносіями, однак їхня роль стає трансформаційною: вони розглядаються як перехідні ресурси, покликані забезпечити стабільність енергосистем у період перебудови. Багато країн уже почали впроваджувати вуглецеві податки, системи квот на викиди, стимулюючі програми для "зелених" технологій, що безпосередньо впливає на перспективи споживання традиційних вуглеводнів.

1.4.4. Цифровізація нафтогазового сектора.

Інновації у сфері цифрових технологій дедалі глибше проникають в усі етапи ланцюга створення вартості на ринку нафти і газу — від розвідки і видобутку до транспортування, переробки, збуту та управління ризиками. Активно впроваджуються системи Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), аналітики великих даних (Big Data), цифрових двійників, які дозволяють зменшувати витрати, підвищувати точність прогнозування, оптимізувати логістику та мінімізувати вплив людського чинника.

Цифрові платформи створюють умови для прозорішого ціноутворення, а також для розвитку біржових та електронних форм торгівлі, що сприяє лібералізації ринку. Крім того, автоматизація дозволяє компаніям швидше адаптуватися до кризових умов, забезпечуючи оперативне управління виробничими ризиками.

1.4.5. Геополітична нестабільність та зростання енергетичних ризиків.

Політична ситуація у світі безпосередньо впливає на енергетичні ринки. Збройні конфлікти, санкційна політика, торговельні обмеження, транзитні

суперечки, терористичні загрози — усе це чинить суттєвий вплив на доступ до ресурсів, обсяги постачання та загальну стабільність цін.

Особливо значимими стали події останніх років — зокрема, вторгнення Росії в Україну, яке призвело до кардинального перегляду енергетичної політики ЄС, розриву довготривалих контрактів із Росією, прискорення будівництва LNG-терміналів і переходу до альтернативних постачальників. Геополітика дедалі більше визначає не лише кон'юнктуру цін, а й структуру інфраструктури, логіку укладання угод та формування стратегічних резервів.

1.5. Загальна характеристика сучасного ринку

Таким чином, сучасний ринок нафти і газу — це висококонку rentне, інтегроване, політично чутливе середовище, у якому взаємодіють як традиційні гравці (держави, НОКи, МНК), так і нові учасники — "зелені" інвестори, кліматичні регулятори, технологічні корпорації. Його розвиток дедалі більше визначається не лише економічними законами, а й довгостроковими стратегічними викликами: енергетичною безпекою, зміною клімату, інноваційним проривом, переходом до сталого розвитку.

Розуміння зазначених тенденцій є ключовим для аналізу та прогнозування світових цін на нафту і газ, оскільки вони формують нову парадигму поведінки ринку, яка відрізняється від традиційної лінійної моделі попиту й пропозиції.

1.6. Фактори, що впливають на формування цін

Формування світових цін на нафту і природний газ є складним, багатофакторним процесом, у якому взаємодіють економічні, політичні, технологічні, екологічні та фінансові чинники (рис 1.5.). Ціни на енергоносії не визначаються єдиним ринковим механізмом, а формуються на перетині впливу десятків змінних, які можуть мати як короткостроковий, так і довгостроковий ефект. Комплексне розуміння цих факторів є критично важливим для побудови ефективних моделей аналізу та прогнозування динаміки енергетичних ринків.

No	Factors	No	Factors	No	Factors
a_1	world total demand	a_{13}	Core OPEC production capacity	a_{25}	OPEC oil embargo
a_2	world total supply	a_{14}	Non-OPEC production	a_{26}	economic sanction to oil nations
a_3	China/U.S. foreign exchange rate	a_{15}	Non-OPEC production capacity	a_{27}	large oil company merger
a_4	Japan / U.S. foreign exchange rate	a_{16}	fuel switching capacity	a_{28}	rumors and false news
a_5	France / U.S. foreign exchange rate	a_{17}	OECD total stocks	a_{29}	oil worker strike
a_6	U.S. / U.K foreign exchange rate	a_{18}	world total reserves	a_{30}	hostage crisis
a_7	world economy growth	a_{19}	the distance in wells	a_{31}	terrorist attack
a_8	speculation	a_{20}	the number of drilling wells	a_{32}	political conflict in oil nations
a_9	OPEC market share	a_{21}	the number of oil wells	a_{33}	revolutions in oil countries
a_{10}	forward price of crude oil	a_{22}	gasoline tax rate	a_{34}	wars in oil countries
a_{11}	OPEC production	a_{23}	oil import fee	a_{35}	geopolitics
a_{12}	Core OPEC production	a_{24}	CO ₂ limit	a_{36}	natural disasters related to oil

Рис. 1.5. Список факторів, які впливають на ціноутворення нафти.

Джерело: Wei Xu, Jue Wang. A New Hybrid Approach for Analysis of Factors Affecting Crude Oil Price. International Conference, Beijing, China, May 27 - 30, 2007.

1.6.1. Фундаментальні фактори попиту та пропозиції.

Базою для формування цін на енергоносії традиційно слугує ринкове співвідношення між попитом і пропозицією. Рівень видобутку та споживання визначає рівноважну ціну, проте реальні ринки рідко перебувають у стійкій рівновазі. Постійна зміна обсягів виробництва, транспортних можливостей, політики споживання та регіонального попиту формує динамічну, нестабільну картину.

Фактори пропозиції:

- Виробничі потужності країн-експортерів: Лідери ринку — Саудівська Аравія, США, Росія — формують основну пропозицію нафти. Їхні стратегічні рішення, плани з видобутку та експортної політики, а також участь в угодах ОПЕК+ напряду впливають на глобальну доступність ресурсу.

- Інфраструктурні обмеження: Потужності трубопроводів, терміналів ЗПГ, нафтопереробних заводів часто стають вузьким місцем, яке обмежує швидкість реакції на зростання попиту.
- Інвестиції у розвідку: Зменшення капіталовкладень у нові родовища, особливо в умовах кліматичних зобов'язань, може призвести до дефіциту ресурсу у довгостроковій перспективі.
- Геологічні та технологічні бар'єри: Деякі поклади є надзвичайно важкодоступними (глибоководні, арктичні, сланцеві), що зумовлює їх дорожчу експлуатацію.
- Форс-мажори: Природні катаклізми, техногенні аварії чи політичні кризи можуть миттєво обмежити постачання і спричинити цінові сплески.

Фактори попиту:

- Темпи економічного розвитку: Зростання ВВП у країнах з великою енергоємністю економіки (Китай, Індія) стимулює попит, тоді як рецесії — навпаки, знижують його.
- Сезонність: Вплив сезонних температур (зимовий попит на опалення, літній — на паливо для транспорту) часто спричиняє короткострокові коливання цін.
- Структурні зміни у споживанні: Перехід до сервісної економіки, розвиток урбанізації та зростання частки послуг у ВВП впливають на зниження енергоємності на одиницю продукції.
- Розвиток альтернативної енергетики: Розширення сонячної, вітрової та гідроенергетики зменшує залежність від нафти та газу, знижуючи попит на традиційні ресурси.
- Технологічні інновації: Зростання ринку електромобілів, розвиток енергоощадних систем в індустрії та побуті призводить до зменшення споживання нафти.
- Кліматичні та регуляторні обмеження: Вуглецеві податки, обмеження викидів, політики енергетичного переходу зменшують споживання вуглеводнів у розвинених країнах.

1.6.2. Фінансові та спекулятивні фактори.

Із розвитком глобального біржового ринку енергоносіїв усе більшу роль у формуванні цін почали відігравати фінансові механізми. Значна частина торгівлі нафтою і газом зараз здійснюється через ф'ючерсні та опціонні контракти, де ціна залежить не лише від фізичної пропозиції, а й від ринкових очікувань, ризиків і спекулятивної активності.

- Фінансіалізація ринку: Зростання частки спекулянтів, хедж-фондів та інституційних інвесторів впливає на короткострокову волатильність цін.
- Валютні коливання: Оскільки сировинні товари котируються в доларах США, зміни валютного курсу значно впливають на купівельну спроможність країн-імпортерів.
- Інфляційні очікування: У періоди високої інфляції інвестори схильні вкладати кошти у сировину як у "захисний актив", що створює додатковий попит.
- Монетарна політика: Зміни у відсоткових ставках центральних банків безпосередньо впливають на доступність фінансування для учасників ринку та вартість позикових коштів.

1.6.3. Геополітичні фактори.

Політична нестабільність є одним із найпотужніших факторів, що впливає на ринки енергоносіїв. Через те, що значна частина світових запасів нафти і газу зосереджена у регіонах із нестабільною політичною ситуацією, ціни дуже чутливо реагують на конфлікти, санкції та дипломатичні кризи.

- Збройні конфлікти (Ірак, Лівія, Сирія, Україна), санкції проти Ірану чи Росії одразу обмежують експорт та порушують глобальні ланцюги постачання.
- Політика ОПЕК та ОПЕК+ щодо регулювання обсягів видобутку часто має спекулятивний ефект і може впливати навіть на очікування майбутніх цін.
- Дипломатичні союзи та енергетичне партнерство (наприклад, газові контракти між РФ та Китаєм, або LNG-угоди США з ЄС) формують нові силові лінії впливу на ринку.

1.6.4. Технологічні фактори.

Технологічний прогрес має як знижувальний, так і підвищувальний вплив на ціни. З одного боку, інновації знижують собівартість видобутку й транспортування. З іншого — стимулюють перехід до альтернативних джерел енергії.

- Сланцеві технології радикально зменшили залежність США від імпорту нафти та газу.
- Розвиток LNG-інфраструктури створив гнучкий, глобалізований газовий ринок, дозволяючи швидко перерозподіляти обсяги постачання.
- Цифрові інструменти (Big Data, AI) оптимізують логістику, управління ризиками, скорочують витрати на видобуток.
- Інновації у зберіганні енергії (батареї, водень) — фундамент для переходу до енергоефективних, низьковуглецевих систем.

1.6.5. Екологічні та кліматичні фактори.

Енергетичні ринки дедалі більше підпорядковуються вимогам сталого розвитку. Кліматична політика країн, міжнародні угоди та нові інвестиційні практики радикально змінюють правила гри.

- Паризька кліматична угода, вуглецеві мита і податки змушують компанії переглядати бізнес-моделі.
- ESG-інвестування обмежує доступ традиційної енергетики до капіталу, тоді як "зелені" проекти отримують преференції.
- Попит на "чисту" енергію зростає серед споживачів, особливо в Європі та Північній Америці, що впливає на обсяг споживання традиційних палив.

1.6.6. Взаємодія факторів та часові горизонти.

Фактори, які впливають на ціноутворення, мають різну силу залежно від часової перспективи:

- У короткостроковій перспективі (дні, тижні) домінують новини, геополітичні події, погодні умови, статистика щодо запасів, активність спекулянтів.

- У середньостроковому вимірі (місяці, квартали) більшу роль відіграють макроекономічні тренди, рішення ОПЕК, валютна політика, темпи відновлення світової економіки.
- У довгостроковому періоді (роки, десятиліття) визначальними є технологічні зміни, кліматична політика, зрушення у глобальному енергетичному балансі.

Таким чином, для об'єктивного аналізу та якісного прогнозування цін на нафту і газ необхідно враховувати одночасну дію численних факторів, їх взаємозалежність і змінну вагу в різні періоди. Саме це обґрунтовує застосування багатофакторних економетричних моделей і алгоритмів машинного навчання, здатних виявляти складні закономірності в динаміці енергетичних ринків.

1.7. Теоретичні підходи до аналізу і прогнозування цін

Методи аналізу та прогнозування цін на енергоносії, зокрема нафту і природний газ, протягом останніх десятиліть еволюціонували від простих статистичних підходів до складних моделей штучного інтелекту, які інтегрують багатовимірні, часові, текстові та поведінкові дані. Така еволюція зумовлена як зростанням обсягів і складності ринкової інформації, так і необхідністю точнішого відображення реальних процесів, що відбуваються на глобальному енергетичному ринку. Наукова та прикладна література пропонує широкий спектр методологій, які можна умовно поділити на кілька ключових підходів: класичні економетричні моделі, алгоритми машинного навчання, структурні та фундаментальні моделі, методи технічного аналізу, поведінкові та експертні підходи, а також інтегровані гібридні системи прогнозування.

1.7.1. Класичні статистичні та економетричні методи.

Традиційною базою для аналізу цінових процесів на ринку енергоносіїв є методи обробки часових рядів. Вони дозволяють моделювати динаміку цін, виявляти тренди, сезонні коливання, оцінювати вплив минулих значень на поточні. Такі моделі, як ARIMA, SARIMA, ARCH і GARCH, досі залишаються фундаментальними інструментами у прогнозуванні, особливо коли йдеться про моделювання волатильності, сезонності або виявлення структурних зрушень.

Авторегресійні моделі типу $AR(p)$, $MA(q)$, $ARMA(p,q)$, а також їхнє розширення $ARIMA$, є важливими для передбачення значень на основі минулого поведінкового патерну. Особливо цінною є сезонна модифікація — $SARIMA$, що дозволяє урахувувати повторювані сезонні впливи, притаманні, наприклад, зимовому попиту на газ. У випадку високої змінності цін, застосовуються моделі умовної гетероскедастичності ($ARCH$, $GARCH$), які можуть точно відтворювати кластери волатильності — періоди нестабільності на ринку. Ці моделі дозволяють не лише передбачати цінові рівні, а й формувати уявлення про ризику, пов'язані зі зміною цін у коротко- та середньостроковій перспективі.

Багатовимірні моделі, зокрема векторна авторегресія (VAR), є необхідними для врахування взаємозв'язку між кількома економічними показниками — наприклад, цінами на нафту, обсягами виробництва, курсом долара та рівнем світового ВВП. Вони дозволяють не лише аналізувати кожен окремий показник, але й прогнозувати їхню взаємодію у вигляді динамічної системи.

1.7.2. Методи машинного навчання та штучного інтелекту.

Сучасні дослідження дедалі частіше використовують машинне навчання для моделювання складних, нелінійних зв'язків між змінними. Цей підхід дозволяє працювати з великими обсягами даних, автоматично виявляти приховані закономірності й адаптуватися до нових патернів без явного програмування залежностей.

Серед найбільш поширених технік — дерева рішень та їх ансамблі, такі як *Random Forest* або *Gradient Boosting*. Вони є ефективними в умовах великої кількості факторів, що впливають на ціну, та дозволяють оцінити важливість кожної змінної. Ще більш потужними є нейронні мережі, особливо архітектури *LSTM* і *GRU*, які здатні зберігати інформацію про довгі залежності в часі — це особливо актуально для часових рядів зі складною динамікою.

Важливим нововведенням стали гібридні моделі, що поєднують класичні економетричні підходи з гнучкістю штучного інтелекту. Наприклад, комбінація $ARIMA$ з *LSTM* дозволяє врахувати як лінійні, так і нелінійні аспекти цінової динаміки, підвищуючи точність прогнозів. Інший приклад — модель *Prophet* від

Meta (Facebook), яка поєднує адитивні структурні компоненти (тренд, сезонність, свята) з регресійною основою та здатністю працювати з пропущеними значеннями.

Крім кількісних моделей, у межах машинного навчання активно розвиваються методи обробки текстових даних (NLP), які дозволяють враховувати інформацію з новин, звітів, соціальних мереж. Аналіз тональності ринку та новинного фону (Sentiment Analysis) вже продемонстрував свою ефективність у прогнозуванні короткострокових коливань цін.

1.7.3. Фундаментальні та структурні моделі.

Фундаментальні моделі фокусуються на вивченні базових ринкових чинників: попиту, пропозиції, запасів, транспорту, макроекономічного середовища. Їх мета — зрозуміти, як змінюється рівновага на ринку під впливом політики, інвестицій, технологій або геополітичних подій. Такі моделі часто реалізуються у вигляді систем рівнянь, що описують економічні зв'язки між змінними. Наприклад, модель EIA (Energy Information Administration) включає кількісну оцінку виробництва, споживання, імпорту, експорту, запасів і відображає вплив глобальних макрофакторів на ціни.

Інший напрям — моделі загальної рівноваги, які враховують взаємодію енергетичного ринку з усією економікою в динаміці. CGE-моделі (Computable General Equilibrium) та DSGE-моделі (Dynamic Stochastic General Equilibrium) дозволяють оцінити ефекти політичних чи регуляторних змін у довгостроковій перспективі. Наприклад, за допомогою таких моделей можна оцінити вплив запровадження вуглецевого податку на цінову динаміку в енергетичному секторі.

Сценарне моделювання також є важливим інструментом прогнозування. Воно дозволяє аналізувати альтернативні траєкторії розвитку ринку під впливом змін у політичному, економічному чи технологічному середовищі — наприклад, оцінити наслідки зменшення інвестицій у видобуток або глобального переходу на електротранспорт.

1.7.4. Технічний аналіз.

Попри критику з боку академічної науки, технічний аналіз широко використовується трейдерами, оскільки дозволяє швидко реагувати на цінові сигнали на основі історичних патернів. Графічні моделі, рівні підтримки та опору, ковзні середні, осцилятори й інші технічні індикатори формують основу щоденної біржової торгівлі.

Теорії, що базуються на повторюваності ринкових циклів, таких як хвилі Елліотта чи моделі Фібоначчі, хоча й не мають прямого наукового підтвердження, залишаються популярними серед практиків, особливо в умовах нестабільності.

У свою чергу, алгоритмічна торгівля на основі технічних індикаторів стала важливим трендом у 2010-х роках. Автоматизовані торгові системи, які аналізують тисячі сигналів щосекунди, здійснюють значну частину операцій на ф'ючерсних ринках енергоносіїв.

1.7.5. Поведінкові та експертні підходи.

Останнім часом зростає інтерес до поведінкової економіки у сфері енергетики. Ідеї обмеженої раціональності, стадної поведінки, емоційного інвестування стали актуальними в умовах високої невизначеності, коли традиційні моделі втрачають точність.

Дослідження показують, що учасники ринку не завжди діють раціонально: рішення часто приймаються на основі страху, оптимізму чи імпульсів. Це створює ірраціональні коливання цін, які складно пояснити класичними моделями. Поведінкові моделі допомагають врахувати ці ефекти, особливо у короткостроковому прогнозуванні.

Також важливе місце посідають експертні методи: аналітичні панелі, метод Дельфі, сценарні обговорення серед галузевих фахівців. Вони особливо корисні в умовах обмеженої інформації або під час формування стратегічних довгострокових прогнозів.

Таким чином, сучасний підхід до аналізу цін на нафту і газ передбачає не обмеження себе лише одним методом, а інтеграцію декількох — з урахуванням

специфіки ринку, мети прогнозу та доступних даних. Перевагу варто надавати комбінованим моделям, які поєднують структурний підхід із машинним навчанням, кількісний аналіз із якісними експертними оцінками, короткострокові сигнали з довгостроковими сценаріями. Такий комплексний підхід дозволяє досягти максимальної точності та релевантності при моделюванні цінової динаміки у складному та мінливому середовищі глобального енергетичного ринку.

РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІКО-СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СВІТОВИХ ЦІН НА НАФТУ І ГАЗ

2.1. Опис даних, джерел і методів збору

Для досягнення поставленої мети дослідження було сформовано репрезентативну емпіричну базу, яка охоплює щоденні котирування (рис. 2.1.) на основні види енергоносіїв: Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas та Heating Oil. Період спостереження охоплює двадцятип'ятирічний інтервал — з 1 січня 2000 року по 1 січня 2025 року, що забезпечує як глибину історичних даних для аналізу довгострокових тенденцій, так і можливість моделювання на середньо- та короткострокову перспективу.



Рис. 2.1. Котирування Brent Oil у доларах США за 2013-2025.

Джерело: investing.com

Вибір зазначених активів пояснюється їхньою глобальною значущістю у формуванні енергетичних ринків. Нафта марки Brent традиційно є основним ціновим бенчмарком у Європі, Африці та на Близькому Сході, тоді як WTI (West Texas Intermediate) є ключовим індикатором на північноамериканському ринку. Природний газ виступає критично важливим ресурсом як для електрогенерації,

так і для побутового споживання, а Heating Oil — дистилат нафтопереробки — відображає зміну попиту на продукти глибокої переробки. Разом ці серії забезпечують багатовимірний і комплексний погляд на динаміку цін на енергоринку.

2.1.1. Джерела та структура даних.

Інформацію про ціни було отримано з надійних відкритих фінансово-аналітичних онлайн-ресурсів, зокрема:

- Investing.com — багатофункціональна платформа з даними реального часу, архівами історичних котирувань, фінансовою аналітикою, що активно використовується в наукових дослідженнях та професійній біржовій діяльності;
- Yahoo Finance — одна з провідних систем відображення ринкових даних, що містить зручні засоби експорту та аналітичні інструменти.

Кожен файл містив набір структурованих змінних (табл. 2.1.), зокрема:

- Назва інструменту — тип енергоносія (наприклад, Brent Crude);
- Дата спостереження — у форматі ММ-DD-YYYY;
- Ціна відкриття (Open) — ринкова ціна на початку торгового дня;
- Максимальна/мінімальна ціна (High/Low) — ціновий діапазон протягом дня;
- Ціна закриття (Close) — остаточне котирування дня, яке, як правило, використовується як базове значення для аналізу;
- Обсяг торгів (Volume) — кількість реалізованих контрактів або одиниць товару (залежно від біржі);
- Валюта — переважно долар США (USD), оскільки енергоносії котируються у глобальній резервній валюті.

Основна увага у дослідженні приділялася **цінам закриття**, оскільки вони найбільш чітко відображають загальний ринковий настрій на завершення сесії, а також широко застосовуються в економетричному моделюванні для побудови часових рядів.

Таблиця 2.1. Приклад зібраних даних. Джерело: investing.com

Date	Price	Open	High	Low	Vol.	Change %
12/31/2024	71.25	70.69	71.52	70.43	63.63K	1.02%
12/30/2024	70.53	70.00	71.05	69.75	93.10K	0.50%
12/27/2024	70.18	69.27	70.32	69.06	79.13K	1.37%
12/26/2024	69.23	69.72	70.25	68.94	69.64K	-0.59%
12/24/2024	69.64	69.04	69.94	68.95	40.39K	1.21%
12/23/2024	68.81	68.97	69.50	68.22	90.95K	-0.30%
12/20/2024	69.02	68.83	69.38	68.05	114.62K	-0.52%
12/19/2024	69.38	69.60	70.58	69.10	291.66K	-0.91%
12/18/2024	70.02	69.82	70.80	69.39	326.61K	0.53%
12/17/2024	69.65	70.23	70.54	68.81	280.90K	-0.91%
12/16/2024	70.29	71.00	71.00	69.98	210.75K	-0.75%
12/13/2024	70.82	69.64	70.94	69.51	201.26K	1.67%
12/12/2024	69.66	69.97	70.27	68.74	231.02K	-0.30%
12/11/2024	69.87	68.15	70.08	68.12	231.68K	2.34%

2.1.2. Методика збору, інтеграції та попередньої обробки даних.

Збір даних було здійснено шляхом експорту з платформи у форматі .csv (comma-separated values), що є стандартом для зберігання табличної інформації у структурованому вигляді.

Далі було виконано етап інтеграції, який включав об'єднання всіх окремих файлів за інструментами в єдиний зведений набір даних (табл. 2.2.). Згодом для зручності використання в середовищі Google Colab формат було конвертовано у .xlsx (Excel).

Попередня обробка включала:

- приведення імен стовпців до єдиного стандарту (уніфікація назв, форматів, регістрів);
- уніфікацію формату дати;
- видалення дублікатів, рядків із пропущеними або некоректними значеннями;

- сортування записів у хронологічному порядку;
- нормалізацію обсягів торгів та приведення числових значень до плаваючого формату;

Окрему увагу приділено агрегації даних: на додаток до щоденних значень було побудовано тижневі та місячні середні, що дало змогу врахувати сезонні патерни, згладити шумові коливання та покращити інтерпретацію довгострокових трендів.

Таблиця 2.2. Приклад оброблених даних. Джерело: Розрахунки автора.

Symbol	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Currency
Brent Oil	2000-01-04	23.90	24.70	23.89	24.39	32510	USD
Brent Oil	2000-01-05	24.25	24.37	23.70	23.73	30310	USD
Brent Oil	2000-01-06	23.55	24.22	23.35	23.62	44660	USD
Brent Oil	2000-01-07	23.57	23.98	23.05	23.09	34830	USD
Brent Oil	2000-01-10	23.04	23.78	23.04	23.73	26390	USD
Brent Oil	2000-01-11	23.90	24.67	23.83	24.62	17410	USD
Brent Oil	2000-01-12	24.35	25.10	23.97	24.81	28460	USD
Brent Oil	2000-01-13	24.84	25.25	24.70	24.98	22310	USD
Brent Oil	2000-01-14	24.98	25.56	24.98	25.47	8820	USD
Brent Oil	2000-01-17	25.55	25.75	25.42	25.65	16290	USD
Brent Oil	2000-01-18	25.95	26.13	25.62	26.05	39950	USD
Brent Oil	2000-01-19	26.30	26.30	25.65	25.84	38020	USD
Brent Oil	2000-01-20	25.98	26.43	25.63	26.10	47960	USD
Brent Oil	2000-01-21	26.55	27.11	25.90	26.35	46270	USD

2.1.3. Інструменти та середовище обробки.

Обробка та візуалізація даних здійснювалася у середовищі Google Colaboratory (Colab) з використанням мови програмування Python, що є стандартом у сфері data science.

Було задіяно низку спеціалізованих бібліотек:

- pandas — для роботи з таблицями, фреймами даних та очищення записів;
- numpy — для математичних операцій, зокрема нормалізації та трансформацій;

- `matplotlib` та `seaborn` — для побудови графіків, аналізу сезонності, трендів та аномалій;
- `statsmodels` — для побудови класичних статистичних моделей

2.1.4. Результат підготовки.

У результаті виконаних етапів сформовано єдиний високоякісний масив даних, що задовольняє вимоги економетричного аналізу, має мінімум шуму та відхилень, і містить повну інформацію про еволюцію цін на провідні енергоносії у довгостроковій перспективі. Цей масив став основою для побудови статистичних, машинних і гібридних моделей прогнозування, подальшої перевірки гіпотез та виявлення закономірностей у зміні світових цін на нафту і газ.

2.2. Опис програмного забезпечення та середовища обчислень

Для реалізації дослідження, присвяченого аналізу та прогнозуванню світових цін на нафту і природний газ, було обрано потужне сучасне обчислювальне середовище та відповідне програмне забезпечення, що поєднує зручність, гнучкість, продуктивність і масштабованість. Основним критерієм при виборі середовища аналізу стала необхідність швидкої обробки великого обсягу часових рядів, використання інструментів машинного навчання, побудови прогнозних моделей та зручної візуалізації результатів. Важливим також було забезпечення відтворюваності результатів, відкритості коду та можливості спільної роботи над проектом.

У цьому контексті найкращим рішенням стало використання хмарної платформи `Google Colaboratory (Colab)` у поєднанні з широким спектром бібліотек мови програмування `Python`, що є де-факто стандартом у сфері `data science`, машинного навчання та прикладної економетрики.

2.2.1. Google Colaboratory (Colab).

`Google Colaboratory` є хмарною обчислювальною платформою, яка дозволяє запускати, зберігати та поширювати `Jupyter`-блокноти безпосередньо з браузера. `Colab` є особливо зручним для навчальних і дослідницьких проектів завдяки

безкоштовному доступу до обчислювальних потужностей та широкій інтеграції з іншими продуктами Google, зокрема Google Drive.

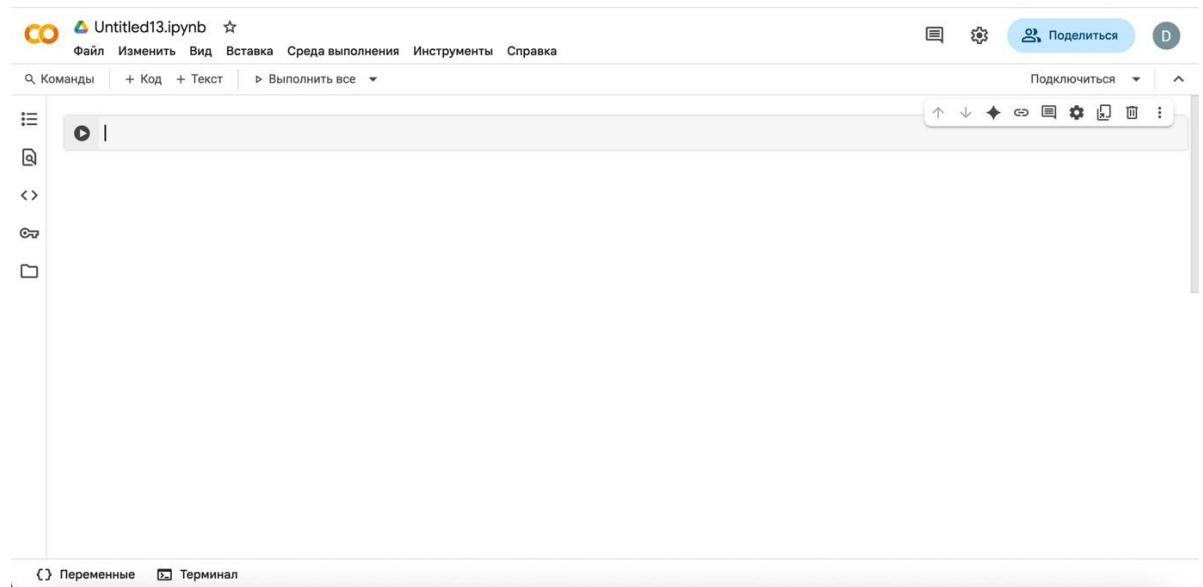


Рис. 2.2. Інтерфейс робочого середовища Colab.

Джерело: <https://colab.research.google.com>

Colab дозволяє виконувати складні аналітичні обчислення без потреби встановлення локального програмного забезпечення чи налаштування середовища розробки. Платформа підтримує доступ до GPU (Graphics Processing Units) та TPU (Tensor Processing Units), що є надзвичайно важливим при побудові глибоких нейронних мереж або виконанні ресурсомістких обчислень.

Ключовими перевагами Google Colab, що обумовили його вибір, стали:

- Доступність і безкоштовність — платформа надає уніфіковане середовище для аналізу даних без ліцензійних обмежень;
- Висока продуктивність — Colab здатен обробляти великі обсяги часових рядів (понад 6000 записів на кожен інструмент);
- Можливість віддаленого доступу — доступ до проєкту можливий з будь-якого пристрою, підключеного до інтернету;
- Інтеграція з Google Drive — забезпечує зручне завантаження, збереження та синхронізацію файлів;

- Підтримка Jupyter Notebook — забезпечує можливість покрокового виконання коду з поясненнями, візуалізацією та проміжними результатами;
- Спільна робота в реальному часі — кілька дослідників можуть одночасно працювати над одним проектом, залишаючи коментарі та редагуючи код.

2.2.2. Мова програмування Python і використовувані бібліотеки.

Python — одна з найпопулярніших мов програмування у сфері прикладного аналізу даних, фінансів, машинного навчання та статистики. Вона забезпечує ідеальний баланс між простотою синтаксису, гнучкістю використання та великою кількістю бібліотек, орієнтованих на обробку, візуалізацію та моделювання даних. У межах цього дослідження Python використовувався як основний інструмент для реалізації повного циклу обробки — від завантаження та очищення даних до побудови моделей і аналізу результатів.

У процесі роботи було задіяно такі ключові бібліотеки:

- pandas — універсальний інструмент для роботи з табличними структурами, який дозволив ефективно здійснювати попередню обробку, об'єднання, сортування та агрегацію даних. Саме з його допомогою було реалізовано об'єднання часових рядів по різних енергоносіях у єдину структуру для подальшого аналізу.
- numpy — базова бібліотека для математичних і логічних операцій, зокрема для трансформації масивів, нормалізації обсягів торгів, розрахунків ковзних середніх та інших технічних індикаторів.
- matplotlib і seaborn — інструменти для побудови графіків, які забезпечили візуальну інтерпретацію динаміки цін, сезонних коливань, трендів, кореляційних зв'язків і волатильності.
- statsmodels — потужний інструментарій для економетричного моделювання, зокрема для побудови моделей ARIMA, SARIMA, GARCH, які використовуються для аналізу стаціонарності, трендів, автокореляцій та умовної волатильності.

- `plotly`, `cufflinks` — інтерактивні інструменти для візуалізації, які дали змогу створити графіки з можливістю масштабування, наведення курсору, переключення між індикаторами.
- `openpyxl`, `xlrd`, `csv` — засоби імпорту та експорту даних у форматах Excel та CSV, що були необхідними для завантаження початкових таблиць і збереження підсумкових результатів.
- `datetime` — вбудований модуль Python для обробки й форматування дат, який використовувався при перетворенні стовпців дати у формат `datetime64`, необхідний для економетричних бібліотек.

2.2.3. Інші використані інструменти.

На додаток до Google Colab було залучено допоміжне програмне забезпечення:

Microsoft Excel / Google Sheets — використовувалися для попередньої візуальної перевірки вхідних даних, виправлення помилок форматування, конвертації `.csv`-файлів у формат `.xlsx`;

2.2.4. Висновки щодо обчислювального середовища.

Вибір Google Colab у поєднанні з відкритими бібліотеками Python дозволив ефективно реалізувати всі етапи дослідження — від збору та структуризації даних до побудови моделей та аналізу результатів. Хмарна природа середовища надала можливість працювати незалежно від апаратного забезпечення користувача, забезпечуючи високу продуктивність, стабільність і гнучкість. Завдяки широкій підтримці інтеграцій, доступу до GPU/TPU та постійним оновленням бібліотек, Colab є ідеальним вибором для реалізації аналітичних і прогностичних задач в енергетичній економіці. Саме така архітектура дозволила гарантувати відтворюваність результатів, масштабованість моделей у майбутньому та адаптивність до зміни вхідних параметрів або обсягів даних.

2.3. Дослідження динаміки цін за допомогою Python

У межах цього дослідження було проведено глибокий аналіз часових рядів світових цін на ключові енергоносії з використанням мови програмування Python, яка є провідним інструментом у сфері аналізу даних та економічного

модельовання. Основна мета аналізу полягала у дослідженні динаміки зміни цін на Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas і Heating Oil на світових ринках, а також у вивченні структурних змін в обсягах торгівлі цими енергоносіями та потенційних кореляцій між рівнем цін і торговою активністю.

2.3.1. Завантаження та попередня обробка даних.

Початкові дані, зібрані з відкритих джерел, було попередньо об'єднано у єдиний файл у форматі .xlsx, після чого вони були імпортовані до середовища Python за допомогою бібліотеки pandas (рис. 2.3.). Структура даних охоплювала понад 25 688 спостережень, кожне з яких містило такі ключові змінні:

- Symbol — назва енергоносія;
- Date — дата торгової сесії;
- Open, High, Low, Close — цінові показники;
- Volume — обсяг торгів;
- Currency — валюта (USD).

Формат дати було приведено до типу datetime, що дало змогу проводити часові агрегування та побудову динамічних графіків.

```
[ ] import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from datetime import datetime
import seaborn as sns
```

```
df = pd.read_excel("/content/data_final.xlsx")
df.head()
```

	Symbol	Date	Open	High	Low	Close	Volume	Currency
0	Brent Oil	2000-01-04	23.90	24.70	23.89	24.39	32510.0	USD
1	Brent Oil	2000-01-05	24.25	24.37	23.70	23.73	30310.0	USD
2	Brent Oil	2000-01-06	23.55	24.22	23.35	23.62	44660.0	USD
3	Brent Oil	2000-01-07	23.57	23.98	23.05	23.09	34830.0	USD
4	Brent Oil	2000-01-10	23.04	23.78	23.04	23.73	26390.0	USD

Далее: [Посмотреть рекомендованные графики](#)

[New interactive sheet](#)

Рис. 2.3. Імпорт таблиці з даними, код Python. Джерело: Розрахунки автора.

З метою подальшого аналізу була створена додаткова змінна Year, яка автоматично виділяла рік з кожної дати. Це дозволило зручно групувати дані за календарними роками та проводити порівняння динаміки обсягів торгів і цін за довгі часові інтервали.

2.3.2. Первинна агрегація та візуалізація обсягів торгів.

На основі змінної Symbol дані було розділено на чотири окремі підвибірки, відповідно до кожного з енергоносіїв: Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas, Heating Oil. Для кожної групи були обчислені середні річні значення обсягів торгів (Volume) у розрізі календарних років (рис. 2.4.). Отримані показники було подано у вигляді лінійних графіків для виявлення довгострокових змін та стовпчикових діаграм для порівняльного аналізу.

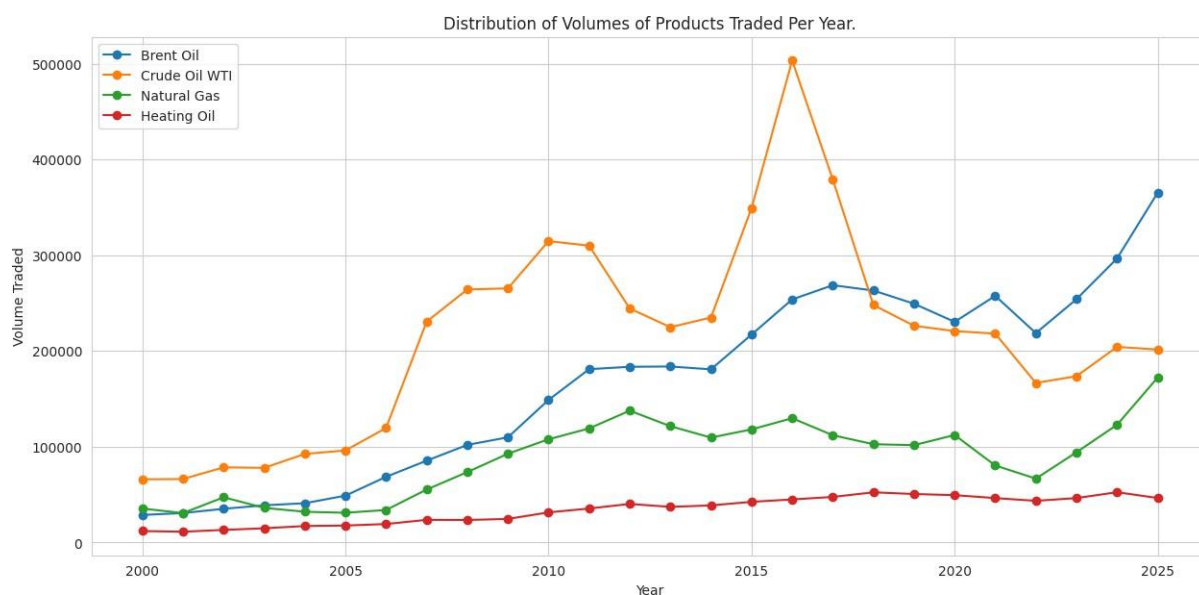


Рис. 2.4. Розподіл річного об'єму торгів для кожного з енергоносіїв за період з 2000 р. по 2025 р. Джерело: Розрахунки автора.

Аналіз виявив декілька ключових тенденцій:

- До 2018 року лідером за обсягами торгів був Crude Oil WTI, однак у подальшому цей статус закріпився за Brent Oil, що свідчить про зростання його глобального значення як бенчмарка.
- Heating Oil протягом усього періоду дослідження демонстрував найнижчий середній обсяг торгів, що пояснюється його специфічним сегментом ринку та меншим колом споживачів.

- У початковий період (2000–2003 роки) відбувалося активне чергування домінування між Brent і Natural Gas, проте з 2004 року Brent Oil стабільно утримує вищу торгову активність.

2.3.3. Аналіз взаємозв'язку між ціною закриття і обсягом торгів.

Для оцінки потенційного зв'язку між рівнем цін (Close) та обсягом торгів (Volume) було побудовано серію точкових діаграм (scatter-графіків), які дали змогу візуально оцінити наявність або відсутність трендової кореляції (рис. 2.5. – 2.8.). Аналіз здійснювався як для сукупного масиву всіх енергоносіїв, так і окремо для кожного ресурсу.

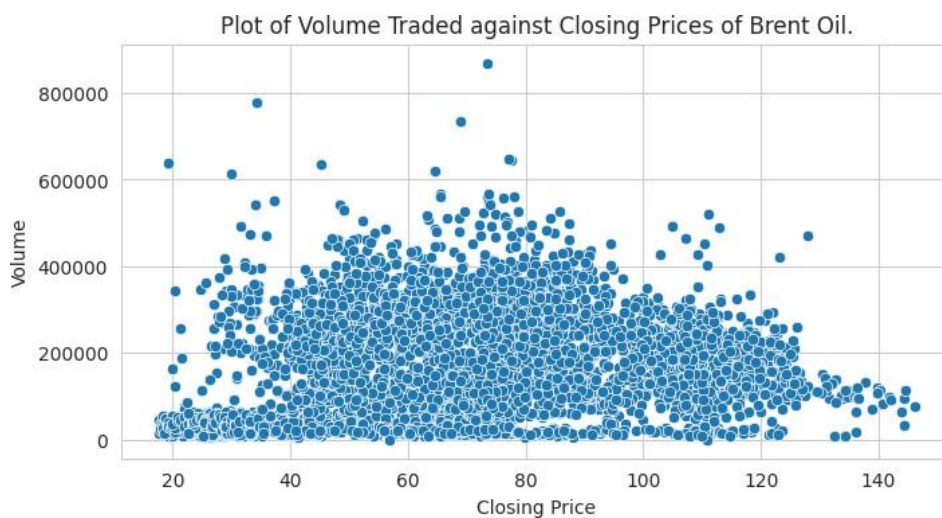


Рис. 2.5. Діаграма зв'язку між ціною і обсягом торгів для Brent Oil.

Джерело: Розрахунки автора.



Рис. 2.6. Діаграма зв'язку між ціною і обсягом торгів для Crude Oil WTI.

Джерело: Розрахунки автора.



Рис. 2.7. Діаграма зв'язку між ціною і обсягом торгів для природного газу.

Джерело: Розрахунки автора.



Рис. 2.8. Діаграма зв'язку між ціною і обсягом торгів для Heating Oil.

Джерело: Розрахунки автора.

На наступному етапі було обчислено коефіцієнти кореляції Пірсона, які надали кількісну оцінку сили взаємозв'язку:

1. Загальна кореляція між цінами і обсягами торгів склала приблизно 0.54, що можна інтерпретувати як слабкий позитивний зв'язок.
2. Окремі результати виглядають наступним чином:
 - Brent Oil: +0.31
 - Crude Oil WTI: +0.18
 - Natural Gas: -0.37 (негативна кореляція, можливо, зумовлена сезонними факторами і значною волатильністю)

- Heating Oil: +0.32

Ці дані свідчать про неоднозначну природу взаємозв'язку між торгівельною активністю і ціновими рівнями, особливо в умовах підвищеної волатильності та впливу зовнішніх чинників.

2.3.4. Візуалізація часових рядів цін.

Для вивчення довгострокової цінової динаміки було побудовано лінійні графіки цін закриття (Close) у часовому розрізі для кожного енергоносія окремо (рис. 2.9.). Такі візуалізації дозволили ідентифікувати основні фази ринкових циклів: періоди росту, падіння, стабілізації, а також різкі скачки, спричинені зовнішніми шоками (наприклад, пандемія COVID-19, енергетична криза 2022 року тощо).



Рис. 2.9. Графіки цін закриття (Close) у часовому розрізі для кожного енергоносія окремо. Джерело: Розрахунки автора.

Ключові спостереження:

- Crude Oil WTI мав найвищі ціни до 2010 року, після чого перевага перейшла до Brent Oil, який і надалі залишався домінуючим.
- Heating Oil демонстрував порівняно стабільну цінову динаміку з обмеженими коливаннями. Це може бути зумовлено особливостями попиту.

- Natural Gas відзначався значною нестабільністю в період з 2000 по 2012 рік, однак згодом тенденція стабілізувалася. З 2022 року до 2023 помітне зростання зі значною волатильністю. Що пояснюється геополітичними факторами (зокрема війною в Україні та змінами у глобальних ланцюгах поставок). У 2024 році ціни знову знизилися і перейшли у стадію відносної стабільності.

2.4. Загальні висновки з аналізу

Результати проведеного аналізу дозволяють зробити низку важливих висновків:

- Дані підтверджують наявність довгострокових структурних змін на ринку нафти і газу, зокрема перерозподіл лідерства між продуктами за обсягами торгів і рівнем цін. Якщо раніше домінував Crude Oil WTI, то в останні роки Brent Oil є основним індикатором глобального ринку.
- Пряма залежність між обсягом торгів і цінами є незначною або відсутня, що свідчить про багатофакторність ціноутворення на ринку нафти і газу.
- Natural Gas демонструє унікальну поведінку порівняно з іншими активами, що зумовлює потребу в окремому підході до його моделювання та прогнозування.
- Heating Oil, попри менший обсяг торгів, залишається важливим індикатором ринку дистилатів і має потенціал для більш точного локального аналізу.

Загалом, аналіз динаміки цін за допомогою Python не лише виявив ключові патерни та особливості ринку енергоносіїв, а й заклав надійну емпіричну базу для подальшого моделювання та прогнозування цінових змін із використанням економетричних та машинних методів, які розглядатимуться у наступних розділах дипломної роботи.

РОЗДІЛ 3. ПРОГНОЗУВАННЯ СВІТОВИХ ЦІН НА НАФТУ І ГАЗ

3.1. Постановка задачі прогнозування

На основі попереднього аналізу часових рядів світових цін на основні енергоносії — Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas та Heating Oil — постала необхідність побудови адекватної математичної моделі прогнозування їх подальшої динаміки. Враховуючи високу волатильність ринку, складність впливу зовнішніх і внутрішніх чинників, а також відсутність чітко вираженого лінійного зв'язку між обсягом торгів і цінами, постає завдання формалізувати механізм зміни цін на основі часових рядів, що відображають історичну поведінку ринку.

Метою прогнозування є отримання прогнозу ціни закриття (Close) для кожного з чотирьох енергоносіїв на заданий період майбутнього (наприклад, на 30, 90 або 365 днів уперед), що дозволить оцінити потенційні тенденції, імовірні цінові коливання, а також сформулювати на основі прогнозу рекомендації для ринку чи споживачів.

3.2. Обґрунтування вибору моделей прогнозування

У процесі прогнозування динаміки світових цін на нафту і природний газ було обрано модель ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), реалізовану за допомогою програмного забезпечення Loginom. Такий вибір обумовлений як аналітичними характеристиками самої моделі, так і зручністю її реалізації в середовищі Loginom, яке дозволяє візуально будувати ланцюги обробки даних, поєднуючи інструменти економетричного аналізу, статистики та моделювання.

Модель ARIMA є однією з найпоширеніших у практиці аналізу часових рядів. Вона поєднує три основні компоненти: авторегресію (AR), інтегрування (I) та ковзне середнє (MA), що дозволяє ефективно моделювати як стаціонарні, так і нестаціонарні ряди. У випадку даного дослідження, де аналізуються часові ряди щоденних цін енергоносіїв із вираженими трендами, періодичними коливаннями та структурною нестабільністю, ARIMA є доцільним та економічно обґрунтованим інструментом прогнозування.

Застосування саме Logiном як програмного середовища для побудови моделі пов'язане з низкою переваг. По-перше, платформа має готові візуальні модулі для побудови та оптимізації ARIMA-моделі, що спрощує процес налаштування параметрів (p , d , q) і виключає потребу в програмуванні. По-друге, Logiном надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс із можливістю налаштування циклів прогнозу, тестування якості моделей та побудови графіків прогнозованих значень. По-третє, середовище дозволяє автоматично проводити валідацію результатів на тестовій вибірці, що сприяє підвищенню точності і надійності прогнозу.

Модель ARIMA була обрана також з міркувань прозорості та економічної інтерпретованості. Її параметри мають чітке аналітичне значення: порядок авторегресії вказує на силу залежності поточного значення від попередніх, диференціювання дозволяє обробити трендові зміни, а компонента ковзного середнього враховує випадкові шоки. Це дає змогу не лише будувати прогнози, а й робити висновки щодо властивостей ринку, зокрема — його інерційності, волатильності, стабільності.

Зважаючи на доступність історичних даних, характер динаміки цін, вимоги до точності, а також наявність функціонального інструментарію в Logiном, вибір моделі ARIMA як базового методу прогнозування є методологічно виваженим. У наступному підрозділі буде описано процес її реалізації, а також наведено побудовані графіки та інтерпретацію результатів прогнозу.

3.3. Реалізація моделі прогнозування

3.3.1. Завантаження та попередня обробка даних.

Для реалізації прогнозовної моделі було обрано підхід, що базується на агрегованих місячних середніх значеннях цін для кожного з енергоносіїв за період з 2020 по 2025 рік. Такий формат було обрано з огляду на необхідність згладити надмірну волатильність щоденних значень і краще відобразити загальну тенденцію змін на ринку. Крім того, горизонт прогнозування було встановлено на рівні шести місяців, що дозволяє отримати як середньострокову

оцінку цінової динаміки, так і виявити потенційні тенденції на піврічну перспективу.

На етапі попередньої обробки даних було здійснено видалення зайвих змінних, які не мають значення для прогнозної моделі. Із загальної структури таблиці були вилучені поля `symbol`, `open`, `high`, `low`, `volume` та `currency`, оскільки модель ARIMA працює лише з часовим рядом, що включає дату та значення змінної, яка прогнозується. У результаті залишилися лише два ключові поля — `date` (дата) та `close` (ціна закриття).

Для побудови місячного ряду було використано зведену таблицю, за допомогою якої було розраховано середні значення цін закриття за кожен календарний місяць (табл. 3.1.). Таким чином, сформувався агрегований часовий ряд, який забезпечив зручність для подальшого прогнозування, а також зменшив рівень випадкових флуктуацій, характерних для щоденних даних.

Таблиця 3.1. Приклад оброблених даних для прогнозування.

Джерело: Розрахунки автора.

Date	Close
01.01.2020	63,6727273
01.02.2020	55,4775
01.03.2020	33,7290909
01.04.2020	26,6314286
01.05.2020	32,4119048
01.06.2020	40,7727273
01.07.2020	43,2221739
01.08.2020	45,02
01.09.2020	41,8736364
01.10.2020	41,5240909
01.11.2020	43,98
01.12.2020	50,2181818
01.01.2021	55,3215
01.02.2021	62,2815

Далі сформований набір даних було імпортовано до середовища Logiном. За допомогою блоку «Завантаження файлу» було завантажено підготовлений файл із місячними середніми значеннями для Brent Oil. Після цього здійснено базове налаштування структури вхідних даних — вказано поля з датою та

значенням для прогнозу (рис. 3.1.). Зокрема, було чітко визначено, що поле date виконує роль часової змінної, а close — роль прогнозованої величини.

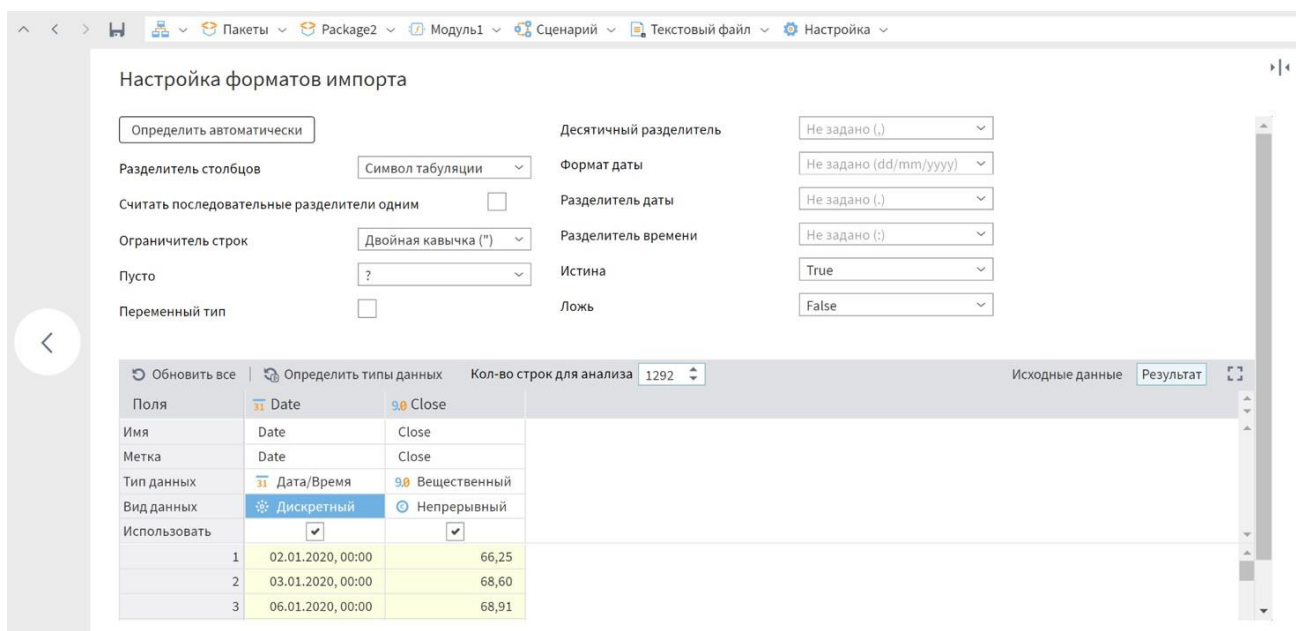


Рис. 3.1. Импорт даних у LogiPlot. Джерело: Розрахунки автора.

3.3.2. Реалізація моделі ARIMA та візуалізація результатів.

Після завершення етапу завантаження даних до схеми було додано блок моделі ARIMA, який було підключено до потоку обробки даних (рис. 3.2.).

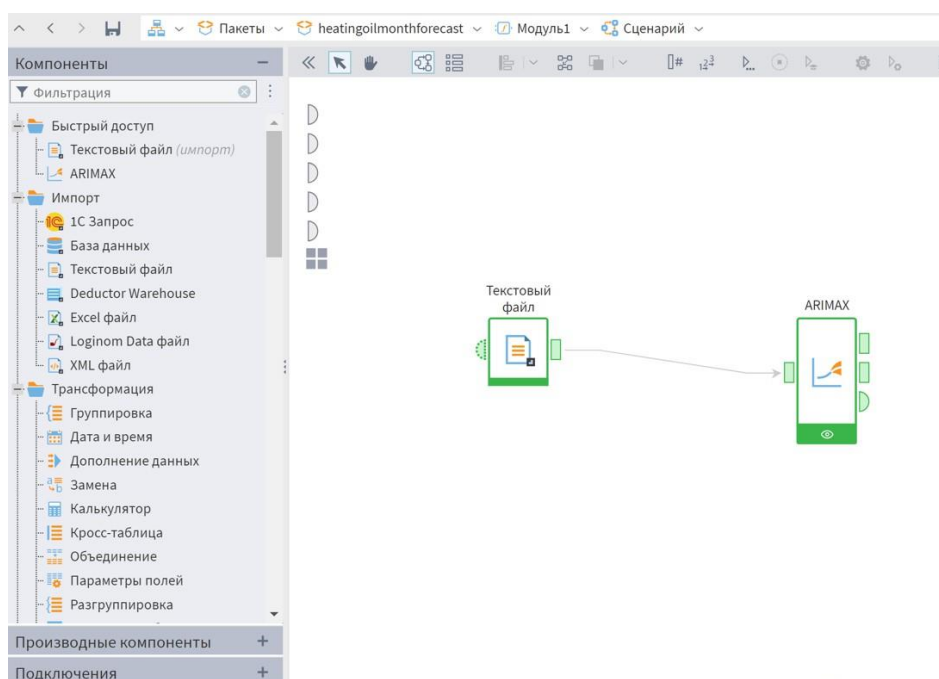


Рис. 3.2. Схема проекту у робочому середовищі LogiPlot.

Джерело: Розрахунки автора

У процесі моделювання для кожного з енергоносіїв проводилося індивідуальне налаштування параметрів моделі — порядків авторегресії, інтегрування та ковзного середнього (p , d , q). В залежності від характеристик часових рядів обиралися найбільш придатні параметри, які забезпечували найкращу якість прогнозу (рис. 3.3.). У деяких випадках використовувалися автоматичні алгоритми ініціалізації параметрів, однак остаточний вибір здійснювався шляхом перевірки якості моделі за допомогою візуального аналізу, графіків залишків та помилок прогнозування.

Настройки ARIMAX

Определить структуру автоматически	<input checked="" type="checkbox"/>
Порядок AR части	<input style="width: 50px;" type="text" value="1"/>
Порядок интегрирования	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Порядок MA части	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Включить расчет сезонности	<input checked="" type="checkbox"/>
Порядок сезонной AR части	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Порядок сезонного интегрирования	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Порядок сезонной MA части	<input style="width: 50px;" type="text" value="0"/>
Период сезонной составляющей	<input style="width: 50px;" type="text" value="12"/>
Включить константу в модель	<input checked="" type="checkbox"/>

Прогнозирование временных рядов

Горизонт прогноза

Рис. 3.3. Налаштування моделі. Джерело: Розрахунки автора.

Налаштування моделі могли змінюватися кілька разів: після кожної ітерації проводилося перенавчання, порівняння результатів та оцінка точності прогнозу. У результаті для кожного ряду було досягнуто оптимального співвідношення між точністю, стабільністю та здатністю моделі адекватно відобразити реальні ринкові тенденції. Горизонт прогнозування було встановлено на рівні 6 місяців, що дало змогу отримати середньострокову оцінку подальшої динаміки цін. Після завершення моделювання прогнозні

значення було візуалізовано за допомогою графіків, які наочно демонструють як історичні значення, так і розраховану криву прогнозу.

Побудований графік прогнозу в середовищі LogiNot складається з трьох послідовних ділянок (рис. 3.4.), кожна з яких виконує свою функцію в інтерпретації результатів моделі:

1. Період навчання моделі — відображає лише історичні значення цін, які використовувалися для побудови та навчання моделі ARIMA. У цьому інтервалі прогноз не генерується, а система аналізує внутрішню структуру ряду.
2. Перехідна зона (період накладання прогнозу на реальні дані) — містить як фактичні значення, так і побудовані прогнозні значення. Це дозволяє візуально оцінити якість моделі, її здатність відтворювати поведінку ряду та наближеність прогнозу до реальних значень.
3. Горизонт прогнозування — ділянка графіка, де відображаються лише прогнозні значення на основі останніх відомих даних. Тут можна простежити очікувану динаміку зміни ціни на обраному часовому інтервалі.

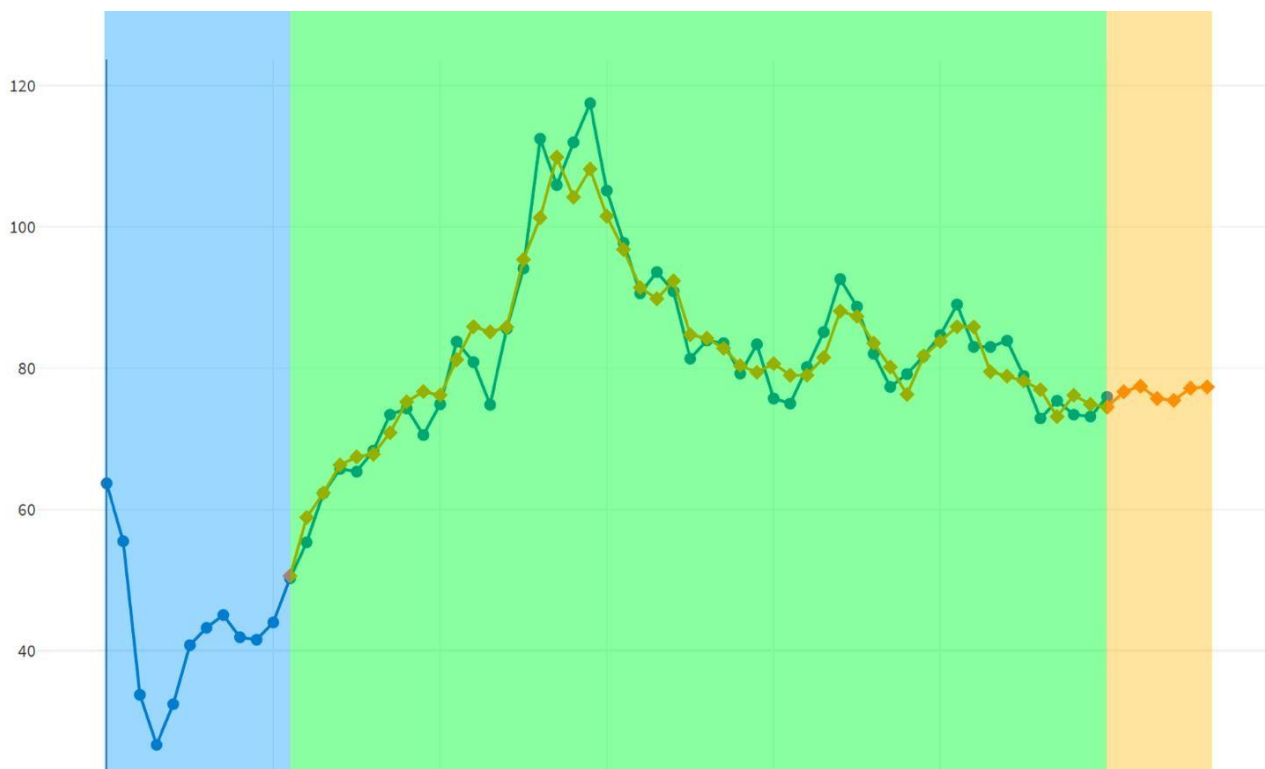


Рис. 3.4. Ділянки графіку прогнозування. Джерело: Розрахунки автора.

Такий підхід дозволяє не тільки оцінити загальну форму прогнозної функції, але й візуально порівняти ефективність моделі у межах контрольного періоду. Крім того, завдяки згладженню і агрегуванню, модель краще відображає довгострокові тренди і менш чутлива до короткострокових аномалій, що є важливим у контексті стратегічного аналізу цінних змін на енергетичних ринках.

3.3.3. Оцінка якості моделі прогнозування.

Після побудови прогнозної моделі для цін на нафту типу Brent було здійснено оцінку її ефективності та адекватності. Основну увагу приділено аналізу статистичних характеристик моделі (рис. 3.5.), а також візуальному порівнянню прогнозу з фактичною динамікою цін.

Выход модели		Коэффициенты модели		Сводка	
№	Имя	Метка		Значение	
1	12 TotalSamples	Всего примеров		122	
2	12 TotalSelectedSamples	Всего отобранных примеров		122	
3	12 TrainSamples	Примеров в обучающем множестве		122	
4	9.0 TrainRMSError	Среднеквадратическая ошибка на обучающем множестве		0,19	
5	9.0 TrainAvgError	Средняя абсолютная ошибка на обучающем множестве		0,14	
6	9.0 TrainAvgRelError	Средняя относительная ошибка на обучающем множестве		0,06	
7	9.0 AIC	Информационный критерий Акаике		-14,04	
8	9.0 AICc	Информационный критерий Акаике скорректированный		-11,40	
9	9.0 BIC	Информационный критерий Байеса		13,86	
10	9.0 R2	Коэффициент детерминации		0,99	
11	9.0 AdjustedR2	Скорректированный коэффициент детерминации		0,99	
12	12 ModelDF	Число степеней свободы модели		11	
13	12 ResDF	Число степеней свободы остатков		101	

Рис. 3.4. Характеристики моделі прогнозування. Джерело: Розрахунки автора.

Одним із важливих показників, що характеризує якість побудованої моделі ARIMA, є коефіцієнт детермінації R^2 . У межах даного дослідження отримане значення R^2 свідчить про те, що модель пояснює істотну частку варіації часового ряду. Чим ближче R^2 до 1, тим краще модель відображає внутрішні закономірності історичних даних. У нашому випадку значення R^2 було

достатньо високим, що вказує на адекватність моделі у відтворенні цінової динаміки на тренувальному інтервалі.

Додатково було проаналізовано значущість параметрів моделі за допомогою показника p -value, який дозволяє оцінити, чи внесок кожного окремого параметра є статистично обґрунтованим. Усі ключові коефіцієнти, що були використані у моделі ARIMA, мали p -value нижче стандартного рівня значущості (0.05), що підтверджує їхню релевантність та відповідність теоретичним припущенням моделі.

Окрім формальних статистичних показників, важливу роль у перевірці моделі відіграло візуальне оцінювання точності прогнозу. Після побудови прогнозної кривої в середовищі Loginom, її динаміка була порівняна з фактичними цінами на нафту та газ, отриманими з відкритих джерел (зокрема, Investing.com та Yahoo Finance).

Такий підхід дозволив не лише оцінити напрямок і форму прогнозу, а й перевірити відхилення від реальних значень, що є важливим кроком у валідації моделі. У результаті було виявлено загальну наближеність прогнозної кривої до реальної ринкової динаміки, що підтверджує практичну придатність моделі ARIMA до використання у коротко- та середньострокових прогнозах цін на енергоносії.

3.4. Інтерпретація результатів і практичні висновки

У цьому дослідженні було реалізовано прогнозування середньострокової динаміки світових цін на ключові енергоносії — Brent Oil, Crude Oil WTI, Natural Gas та Heating Oil — за допомогою моделі ARIMA, реалізованої в аналітичному середовищі Loginom. Прогноз був побудований на основі місячних середніх значень за період 2020–2025 років з горизонтом у 6 місяців. Отримані результати дали змогу зробити комплексну оцінку очікуваної поведінки кожного з енергоносіїв, а також визначити їх потенційну динаміку в найближчому майбутньому.

Для Brent Oil (рис. 3.5.) модель ARIMA показала достатню чутливість до загального тренду: прогноз повторює зростання цін, пік та подальшу

стабілізацію. Незважаючи на незначне згладження коливань, характерне для ARIMA-моделей, результат є точним і стабільним. Така траєкторія відповідає макроекономічним очікуванням щодо контрольованої пропозиції на ринку нафти.

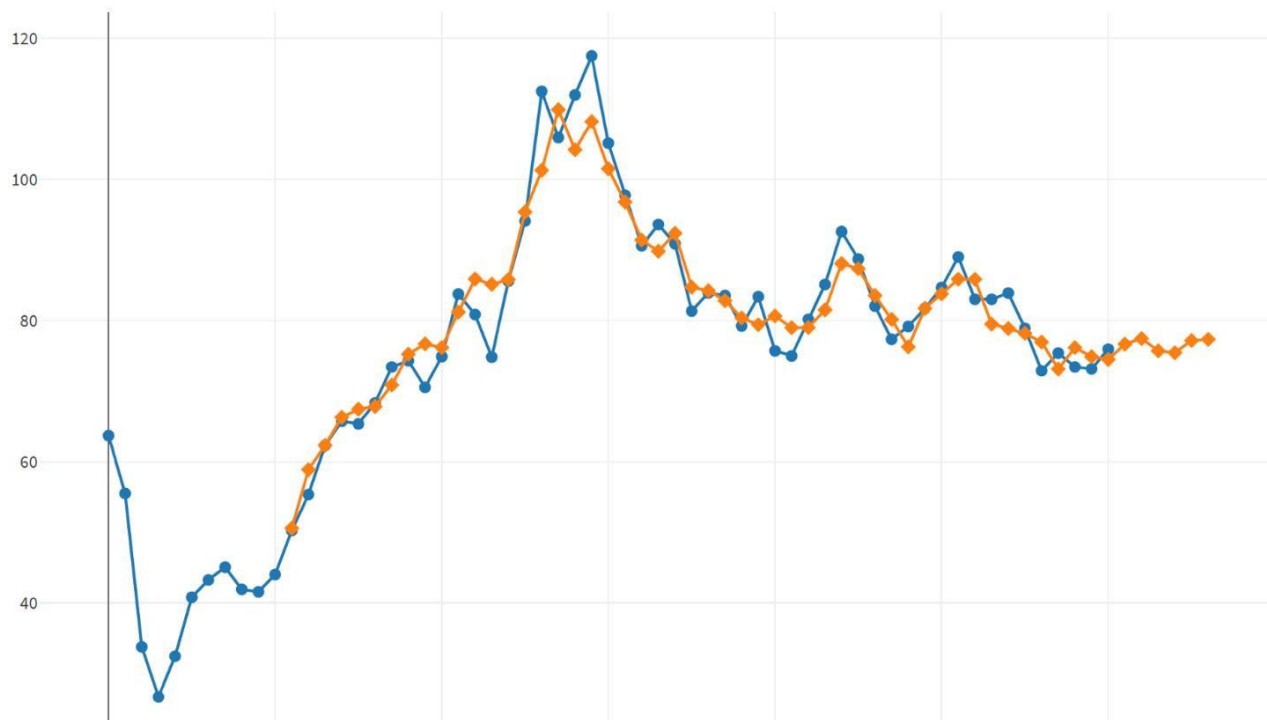


Рис. 3.5. Графік прогнозу на 6 місяців для Brent Oil.

Джерело: Розрахунки автора.

Crude Oil (WTI) продемонстрував динаміку зі зростанням, наступним спадом і характерними хвилеподібними коливаннями (рис. 3.6.). Модель добре відтворила загальну картину змін, хоча її прогноз відзначається меншою амплітудою, що є типовим для ARIMA. Прогноз моделі вказує на обережне зниження цін без різких стрибків, відображаючи стабільний, хоча й консервативний сценарій.

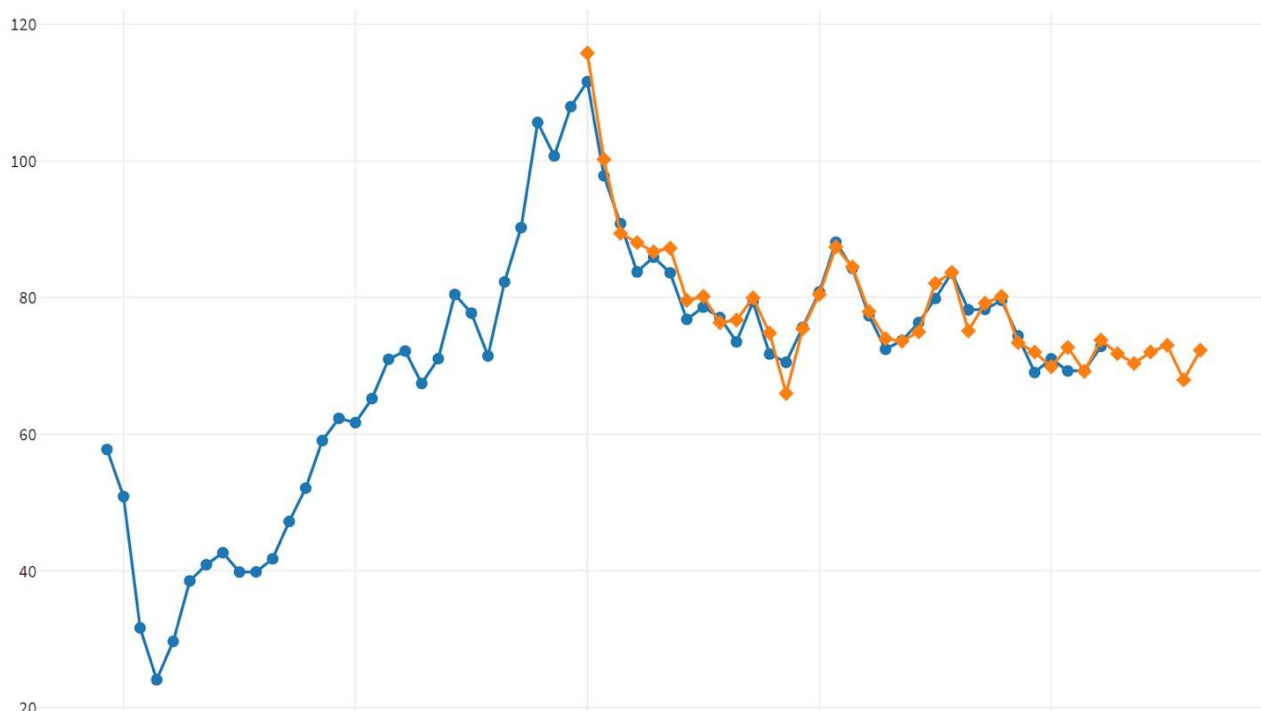


Рис. 3.6. Графік прогнозу на 6 місяців для Crude Oil WTI.

Джерело: Розрахунки автора.

Для Natural Gas спостерігається найбільша волатильність, що створює виклик для лінійних моделей прогнозування (рис. 3.7.). Попри це, ARIMA змогла якісно відтворити загальну хвильову структуру, хоча й приглушила окремі екстремальні піки. Прогнозна частина свідчить про тенденцію до стабілізації, однак у випадку з газом доцільно враховувати додаткові зовнішні чинники, зокрема сезонність, кліматичні умови та геополітичну нестабільність.

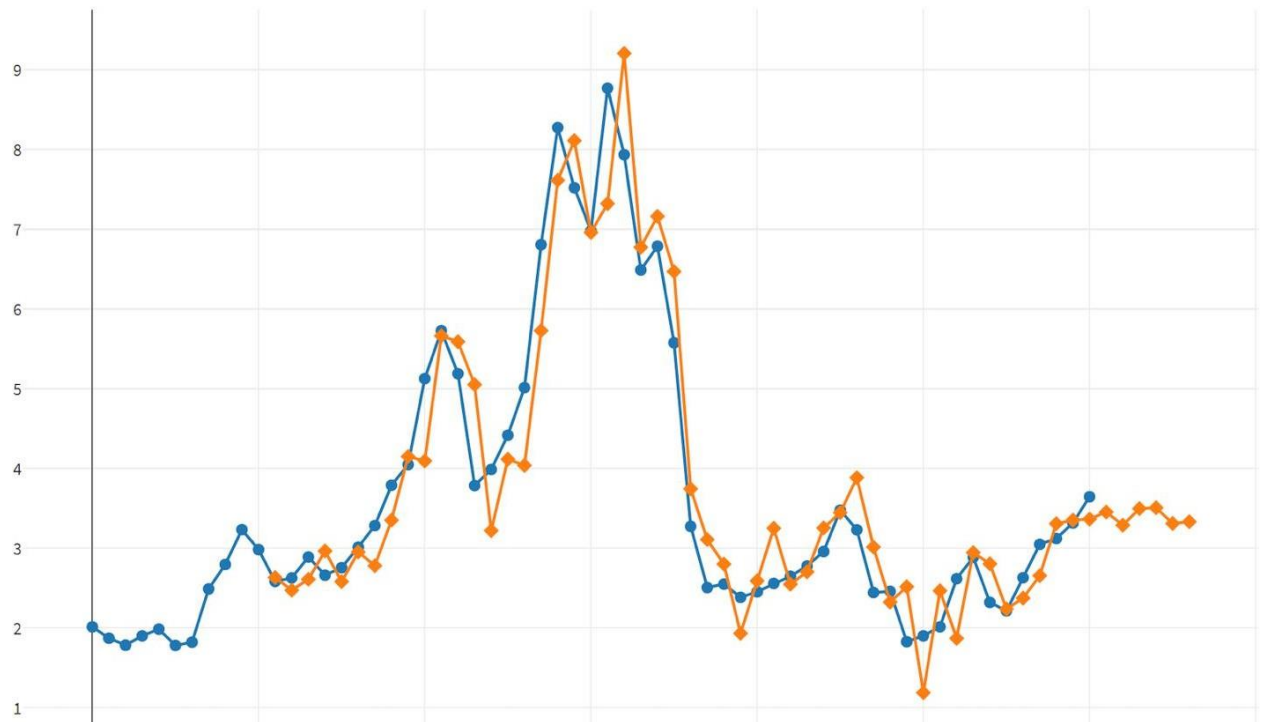


Рис. 3.7. Графік прогнозу на 6 місяців для Natural Gas.

Джерело: Розрахунки автора.

Прогноз для Heating Oil виявився найбільш точним (рис. 3.8.). ARIMA чітко вловила сезонну циклічність, яка є типовою для цього виду пального. Прогноз не тільки відтворює історичні шаблони, а й відображає очікуване літнє зниження попиту. Це робить модель ефективною для прикладного використання в паливно-логістичному та енергетичному плануванні.

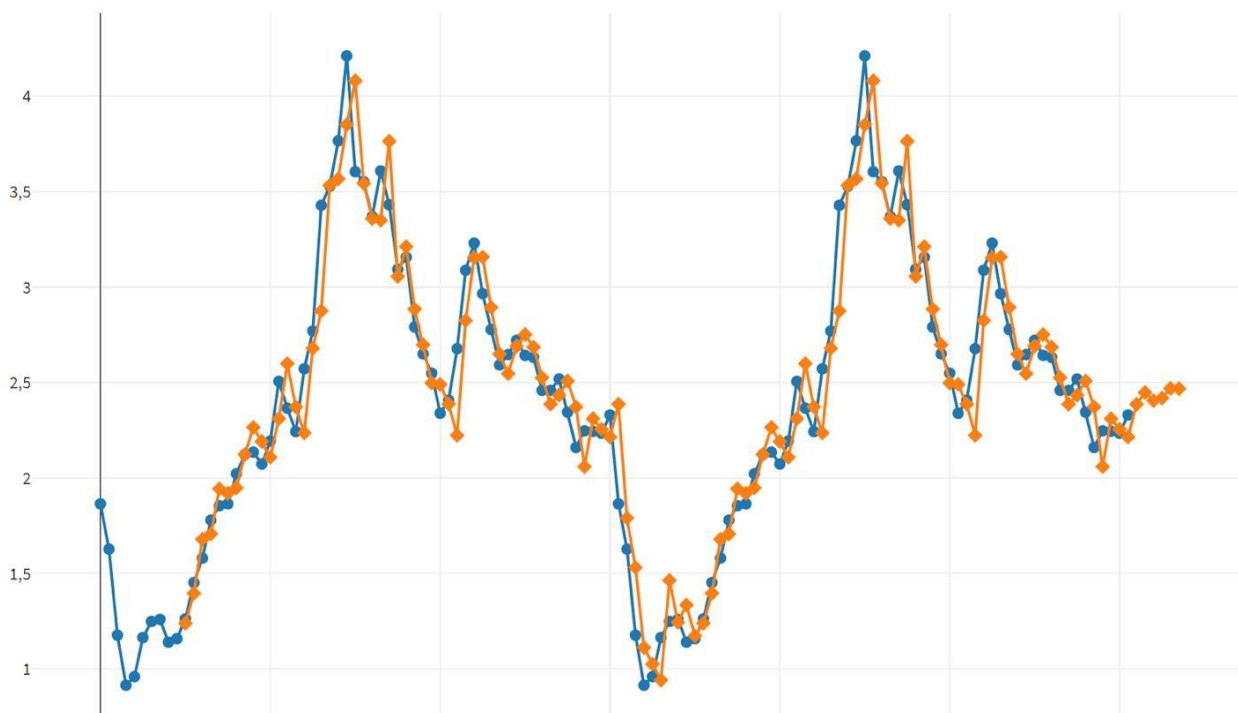


Рис. 3.8. Графік прогнозу на 6 місяців для Heating Oil.

Джерело: Розрахунки автора.

Отримані результати дозволяють зробити низку практичних висновків. Модель ARIMA, за умови попереднього агрегування даних, виявилася ефективною для аналізу Brent, WTI та Heating Oil. Її здатність адаптуватися до трендів і сезонності дозволяє сформувані обґрунтовані сценарії цінової поведінки. У випадку з Natural Gas, через його чутливість до зовнішніх факторів, доцільно застосовувати гібридні або розширені сценарні моделі.

Горизонт у 6 місяців забезпечив практичну аналітичну основу для:

- бюджетування закупівель енергоносіїв;
- управління ринковими ризиками для трейдингових і промислових компаній;
- стратегічного прогнозування в енергетичній сфері;
- планування сезонного опалювального навантаження (зокрема для Heating Oil).

Практична цінність результатів підтверджується як статистичними метриками (високий R^2), так і якісним візуальним збігом з фактичними цінами, отриманими з відкритих джерел. Таким чином, ARIMA може бути

рекомендована як надійний інструмент для прогнозування в умовах помірної волатильності та сезонної стабільності, особливо для задач аналітики в енергетичних компаніях, логістичних службах, державних структурах та дослідницьких організаціях.

ВИСНОВКИ

У рамках виконаної дипломної роботи було здійснено комплексне дослідження динаміки світових цін на основні енергоносії — нафту марки Brent, Crude Oil WTI, природний газ і Heating Oil — з метою побудови ефективної моделі прогнозування середньострокових змін на ринку. Виходячи з актуальності теми, робота поєднала як теоретичні основи ринкового ціноутворення, так і сучасні аналітичні методи, зокрема інструменти економетричного моделювання та алгоритми прогнозування часових рядів.

У теоретичному розділі було розглянуто структуру світового ринку нафти і газу, проаналізовано основні фактори, що впливають на формування цін, а також систематизовано підходи до аналізу та прогнозування, включаючи класичні статистичні, економетричні та сучасні алгоритми машинного навчання. Особливу увагу було приділено моделі ARIMA як одному з найпоширеніших методів роботи з часовими рядами в економіці.

В аналітичній частині дослідження було зібрано, очищено та агреговано щоденні дані про ціни на енергоносії за період з 2000 по 2025 рік. За допомогою мови програмування Python було виконано дослідження динаміки цін і обсягів торгів, побудовано графіки змін, виявлено тренди та взаємозв'язки. Після цього дані було адаптовано для середовища Loginom, де реалізовано прогнозування цін із використанням моделі ARIMA. Горизонт прогнозу складав 6 місяців.

Результати моделювання продемонстрували, що модель ARIMA є придатною для аналізу нафтогазового ринку, особливо у випадках, коли часовий ряд має чіткий тренд або сезонну структуру. Найвищу точність прогнозу було досягнуто для Heating Oil, де модель точно відтворила сезонні цикли. Прогноз для Brent також виявився точним і стабільним. Для Natural Gas результати виявилися менш передбачуваними через значну волатильність цього ресурсу, однак базовий сценарій був збережений. Crude Oil WTI продемонстрував збалансовану динаміку з помірними коливаннями.

Оцінка роботи моделі проводилася як за допомогою статистичних показників (зокрема R^2 та p -value), так і через візуальне порівняння з фактичними

цінами, отриманими з відкритих джерел. У більшості випадків прогнозна траєкторія добре збігалася з реальною динамікою ринку.

Загалом, результати дослідження підтверджують можливість використання ARIMA як інструменту для середньострокового прогнозування цін на нафту і газ у стратегічному плануванні, бюджетуванні та оцінці ринкових ризиків. Побудована модель має не лише аналітичну, а й практичну цінність для компаній паливно-енергетичного сектору, трейдерів, логістичних операторів та державних установ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гай-Нижник П. П. Світовий ринок енергоресурсів: геоекономічний аспект. — Київ: НІСД, 2022.
2. Кириленко О. П., Черниш І. О. Сучасні тенденції на світовому ринку нафти і газу // Економіка та держава. 2022.
3. Мазаракі А. А., Рогозіна Н. В. Міжнародна економіка. — К.: КНЕУ, 2020.
4. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2023. [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
5. U.S. Energy Information Administration (EIA). Short-Term Energy Outlook. [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.eia.gov/outlooks/steo/>
6. BP. Statistical Review of World Energy 2023. [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
7. Бізнес платформа Investing. URL: <https://investing.com/>
8. Бізнес платформа Investing. URL: <https://finance.yahoo.com/>
9. Loginom – Інтелектуальна аналітика. [Електронний ресурс]. URL: <https://loginom.com>
10. Python Software Foundation. Python Documentation. — [Електронний ресурс]. — URL: <https://docs.python.org>
11. Платформа для онлайн публікацій у сфері бізнесу та фінансів. [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.visualcapitalist.com/>
12. Хмарний сервіс від Google, призначений для розробки та виконання коду. [Електронний ресурс]. — URL: <https://colab.research.google.com/>
13. Wei Xu, Jue Wang. A New Hybrid Approach for Analysis of Factors Affecting Crude Oil Price. International Conference, Beijing, China, May 27 - 30, 2007.
14. Вікіпедія Heating Oil. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_oil
15. Вікіпедія Crude Oil. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Crude%20Oil?redirect=no>
16. Вікіпедія Natural Gas. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Natural_gas

17. Вікіпедія Ресурси і запаси нафти. URL:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81%D0%B8_%D1%96_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%81%D0%B8_%D0%BD%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B8
18. Нафтогаз України. Аналітика світових енергетичних ринків. — [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.naftogaz.com>
19. Національний інститут стратегічних досліджень. Аналітичні записки з енергетичної безпеки. — [Електронний ресурс]. — URL: <https://niss.gov.ua>
20. Аналітична платформа Dixi Group. Щотижневі огляди енергетичних ринків. — [Електронний ресурс]. — URL: <https://dixigroup.org>
21. OECD. Oil Market Report. — [Електронний ресурс]. — URL: <https://www.oecd.org/energy/>
22. Eight Factors That Influence Oil Prices. — [Електронний ресурс]. URL: <https://corrosionmaterials.com/eight-factors-that-influence-oil-prices/>