

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-356-1>

УДК 658.5: 622.276

JEL classification E23.E17

ФАДЕЄВА Ірина

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0000-0002-6978-1621>

email: i.fadyeyeva@gmail.com

ЕВОЛЮЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НАФТОГАЗОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОХОДІВ

У статті розглядаються моделі динаміки операційних бізнес-процесів нафтогазовидобувних підприємств, які є основними у формуванні доходів підприємства, зокрема видобування вуглеводнів. Проаналізовано існуючі математичні моделі процесів видобування нафти, газу і конденсату, що дають змогу оцінити рівень видобутку нафти у світі, а також на окремих родовищах, зокрема в Україні. На основі проведеного аналізу запропоновано нову формальну модель процесу видобування вуглеводнів у вигляді динамічної феноменологічної математичної моделі, яка побудована на засадах холистичного підходу, і яка є основою прогнозування доходів підприємства. Модель дає змогу визначати доходи підприємств на різних стадіях розробки нафтогазових родовищ, які суттєво відрізняються за дохідністю. Застосування розробленої моделі забезпечує об'єктивне прогнозування доходів, і як наслідок створює можливість формування стратегії інвестування та розвитку підприємства. Наведено приклади застосування феноменологічної моделі для видобування нафти і газу в Україні.

Ключові слова: дохідність, еволюційні моделі, видобування вуглеводнів, холистичний підхід.

FADYEYeva Iryna

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

EVOLUTIONARY MODELING OF OPERATIONAL BUSINESS PROCESSES OF OIL AND GAS PRODUCING COMPANIES FOR REVENUE FORECASTING

The article considers models of the dynamics of operational business processes of oil and gas producing enterprises, which are the main ones in the formation of enterprise income, in particular hydrocarbon production. Existing mathematical models of oil, gas and condensate production processes are analyzed, which allow assessing the level of oil production in the world, as well as in individual fields, in particular in Ukraine. Based on the analysis, a new formal model of the hydrocarbon production process is proposed in the form of a dynamic phenomenological mathematical model, which is built on the principles of a holistic approach and is the basis for forecasting enterprise income. The model allows determining the income of enterprises at different stages of development of oil and gas fields, which differ significantly in profitability. The application of the developed model both at the stage of positive dynamics of development and at the stage of late exploitation of the deposit provides an objective forecast of income, and as a result creates the possibility of forming an investment strategy for the development of the enterprise. An important advantage of the proposed model, which reflects the connections between the target product and resources, is that it allows you to effectively solve the problems of determining the parameters that affect the final result, using a single algorithm in real time, which allows you to prevent complications in ensuring the planned production of hydrocarbons and objectively approach the forecasting of the enterprise's income for any period. Examples of the application of the phenomenological model for oil and gas production processes in Ukraine are given.

Keywords: profitability, evolutionary model, and hydrocarbon production, holistic approach

Стаття надійшла до редакції / Received 12.05.2026

Прийнята до друку / Accepted 10.06.2026

Опубліковано / Published 27.08.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© ФАДЕЄВА Ірина

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Основні бізнес-процеси нафтогазовидобувних підприємств (НГВП) це процеси розроблення і експлуатації нафтогазових і газоконденсатних родовищ, підготовка видобутих вуглеводнів та їх внутрішньопромислове транспортування. На даний час збільшення обсягів видобутку нафти і газу у здебільшого реалізується шляхом введення в дію законсервованих свердловин, а також застосуванням нових технологій впливу на пласти на діючих малодебітних свердловинах, які у багатьох випадках перебувають на завершальній стадії експлуатації. Становлення нової наукової картини світу, яка будується на засадах універсального еволюціонізму, який об'єднує системний та еволюційний підходи, суттєво змінюються погляди на процеси, що відбуваються у нафтогазових покладах при їх розробці. Отже, процес розробки нафтогазових родовищ слід вивчати у цілому. Такий цілісний (холистичний) підхід дозволяє розглядати еволюційні рівняння як феноменологічні моделі, які дозволяють збільшити глибину досліджень у цій галузі. Це викликає необхідність розглядати процес розробки і експлуатації нафтогазових родовищ як відкриту самоорганізуючу систему, що функціонує за умов апріорної та поточної невизначеності. Отже, науково-прикладна проблема оптимізації процесу видобування, тобто максимального вилучення вуглеводневої суміші за мінімальних фінансових та економічних витрат з метою отримання максимального доходу набуває особливо важливого значення.

Вирішення цієї проблеми не можливе без наявності ефективного інструменту для підготовки і підтримки прийняття управлінських рішень та оптимального управління дохідністю і ризиками нафтогазовидобування. Таким інструментом на даному етапі є адекватна динамічна модель процесу видобування, яка прямо пов'язана з моделями фінансового менеджменту. Отже, розробка нових моделей та механізмів, які сприяють прогнозуванню дохідності НГВП є актуальною і своєчасною.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Багато вітчизняних і іноземних науковців приділяють увагу проблемам моделювання різноманітних явищ та процесів у нафтогазовій промисловості. Вони охоплюють різні аспекти проблеми моделювання бізнес-процесів видобування вуглеводнів. Теоретичні основи динамічного імітаційного моделювання операційних процесів, як інструменту підготовки і підтримки прийняття управлінських закладені авторами у статті [1]. Оптимальне управління процесами нафтовидобування розглянуто у роботах [2,3]. Аналізу методів інформаційного і синергетичного моделювання нафтогазових об'єктів також приділяється велика увага. Серед вагомих робіт у цьому напрямку слід відзначити статтю [4], де глибоко розкриваються системи імітаційного моделювання нафтогазових об'єктів, а також статтю [5], присвячену синергетичному моделюванню розробки нафтових родовищ нелінійними відображеннями.

Дослідження явищ і процесів у нафтогазопромисловій сфері глибоко розглянуті у статті [6], а математичне моделювання пластових систем - у працях [7,8]. Порівняння різних методів управління самоорганізуючими процесами нафтовидобутку та визначення їх економічної ефективності розглянуто у статті [9]. Автори роботи [11] проаналізували ризики безпечної експлуатації інженерних споруд значної довжини та підходи до її оцінки.

Результати досліджень наведених вище науковців є науково та практично цінними. Огляд літературних джерел [1÷11 та ін.] у галузі моделювання операційних процесів НГВП довів, що сьогодні значно змінюються погляди науковців на процеси, що відбуваються у нафтогазових пластах під час їх розроблення і експлуатації. Відбувається екстраполяція ідей біологічної еволюції у геологію, а також в усі інші сфери діяльності. Це призводить до необхідності розглядати об'єкти не просто як системи, а як відкриті самоорганізуючі системи. Вперше виникає науковообгрунтована [12] можливість подолати розрив між уявленнями живої та неживої природи. Отже, у науковців складається думка, що процес розроблення і експлуатації нафтогазових родовищ доцільно досліджувати на основі цілісного, тобто холістичного підходу, що дає змогу розглядати еволюційні рівняння розроблення і експлуатації нафтогазового родовища як феноменологічні моделі [13]. Реалізація формальних методів інтелектуального управління на основі нечітких знань про нафтогазові об'єкти викладені у праці [10], а аналіз ризиків безпечної експлуатації таких інженерних споруд НГВП як трубопроводи, що мають значну, розглядаються у [11]. Однак, у зазначених дослідженнях розглядаються лише окремі питання моделювання операційних процесів НГВП.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень, у працях зазначених авторів не приділяється увага питанням моделювання операційних процесів для завдань оптимального управління дохідністю НГВП.

Проте, саме від обгрунтованості імітаційної моделі розробки та використання нафтогазових родовищ значною мірою залежить ефективність формальних методів інтерпретації даних та знань щодо процесу нафтогазовидобутку і, як наслідок, ефективність прогнозування дохідності і фінансових результатів. Отже, обрана тема наукового дослідження є актуальною для завдань управління дохідністю на сучасному етапі розвитку нафтогазовидобування.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є аналіз тенденцій розвитку моделювання процесів видобування вуглеводнів у системі прогнозування доходів НГВП і розвиток сучасного науково-методичного інструментарію шляхом формування на цій основі феноменологічної моделі.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У літературних джерелах [1÷11 та ін.] процеси видобування вуглеводнів розглядаються як комплексне явище, що знаходиться під впливом дії не тільки геосередовища і довкілля, але й зовнішнього середовища НГВП. Крім цього, слід також враховувати властивості зовнішнього середовища: ступінь визначеності, взаємозв'язок факторів середовища, його складність і рухомість.

Отже, досліджуваний об'єкт управління можна віднести до класу об'єктів, що мають нелінійні статичні і динамічні характеристики, функціонують за умов апіорної та поточної невизначеності щодо структури і параметрів об'єкта і перебувають під впливом зовнішніх збурень. Проблема ускладнюється тим, що нелінійності об'єкта апіорі невідомі, а їх характер може змінюватися з часом. Збурення з боку зовнішнього середовища мають також хаотичний характер. Такий об'єкт не може бути описаний за допомогою традиційних моделей, прийнятих у теорії ідентифікації. Тому для опису процесів видобування вуглеводнів

застосовують [15] еволюційні рівняння як феноменологічні моделі розробки нафтогазових покладів [16] (рис.1).

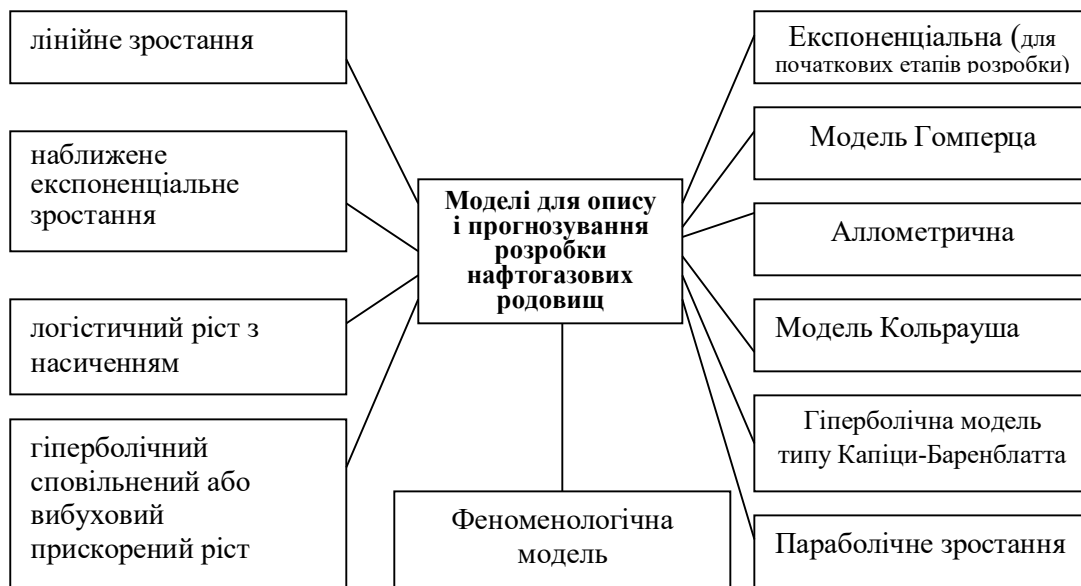


Рис.1. Математичні моделі для опису і прогнозування розробки нафтогазових родовищ

*Джерело : сформовано автором на основі [5,15,16]

Математичний опис і сфера застосування еволюційних моделей наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Еволюційні математичні моделі процесу річного видобутку вуглеводнів $\frac{dx}{dt} = Q$

№	Назва моделі	Моделі, значення параметрів	Вид розв'язку	Апробація
1	2	3	4	5
1	Параболічне зростання	$\frac{dx}{dt} = a_1 t - b_1$; $a = a_1 t + b_1$; $a = 0$	$x(t) = x_0 + a_1 \left(\frac{t^2}{2} - \frac{t_0^2}{2} \right) + b_1 (t - t_0)$,	На коротких Δt
2	Модель Капіці-Баренблатта, або модель, аналогічна розподілу Коші у мат.статистиці	$\frac{dx}{dt} = \frac{a_1}{[(t-b)^c + d]^k}$; $a = \frac{a_1}{[(t-b)^c + d]^k}$, $a \neq 0$, b – момент перебудови c – парні числа	при $k = 1$; $c = 2$ $x(t) = V_0 + \frac{a}{\sqrt{a}} \times$ $\times \left(\arctg \frac{t-b}{\sqrt{a}} - \arctg \frac{t_0-b}{\sqrt{a}} \right)$ у складних випадках – числовий розв'язок	Видобуток нафти у світі
3	Аллометричне (непропорційне) зростання	$\frac{dx}{dt} = \left(\frac{a_1}{b} \right) x$, $a = \frac{a_1}{t}$; $a = 1$	$x(t) = x_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{a_1}$,	Нафтогазові родовища
4	Експоненціальне зростання - модель Кольрауша (аналогічна розподілу Вейбулла у мат.статистиці)	$\frac{dx}{dt} = (a_1 t^m)$; $a = a_1 t^m$; $m \neq -1$	$x(t) = x_0 \cdot \exp \left[\frac{a_1}{m+1} (t^{m+1} - t_0^{m+1}) \right]$,	Нафтогазові родовища
5	Експоненціальне зростання: якщо $a_2 < 0$ - з насиченням, якщо $a_2 > 0$ - необмежене зростання	$\frac{dx}{dt} = a_1 e^{a_2 t}$; $a = a_1 e^{a_2 t}$; $\alpha = 0$	$x(t) = x_0 + \frac{a_1}{a_2} (e^{a_2 t} - e^{a_2 t_0})$,	Нафтогазові родовища

1	2	3	4	5
6	Модель Гомперця	$\frac{dx}{dt} = (a_1 e^{-a_2 t})x; a = a_1 e^{-a_2 t}; \alpha = 1$	$x(t) = x_0 \cdot \exp\left[\frac{a_1}{a_2} (e^{-a_2 t} - e^{-a_2 t_0})\right]$	Нафтогазові родовища
7	Лінійне зростання	$\frac{dx}{dt} = ax, a \neq 0, \alpha = 1$	$x(t) = x_0 + a(t - t_0),$	Період постійного видобування вуглеводнів на коротких Δt
8	Наближене експоненціальне зростання	$\frac{dx}{dt} = a; a \neq 0, \alpha = 0$	$x(t) = x_0 e^{a(t-t_0)},$	Початковий етап у світовому видобутку нафти
9	Логістичний (симетричний) ріст насиченням	$x(t) = \frac{x_0 \cdot x_k e^{a_1 t}}{x_k - x_0 + e^{a_1 t}}$	$\frac{dx}{dt} = a_1 x - b_1 x^2;$ $x(\infty) = \frac{a_1}{b_1} \cong x_k, a = a_1 - b_1 x,$ $a_1 > 0, b_1 > 0, a = 1$	На ділянках родовищ
10	Гіперболічний сповільнений ($x < 1$) або вибухово прискорений ($x > 1$) ріст	$x(t) = \frac{1/a}{[(1/ax_0) + t_0] - t};$ $\left(\frac{1}{ax_0}\right) + t_0 = t_k,$ t_k – момент "катастрофи", коли x досягає нескінченності	$\frac{dx}{dt} = ax^2; a \neq 0, \alpha = 2$	Видобуток нафти у світі
11	Феноменологічна модель динаміки видобування нафти і газу	$\frac{dx}{dt} = e^{\frac{a+b}{t+c \ln t + \frac{b}{t}}},$ a, b, c – параметри моделі, що підлягають ідентифікації,	$x(t) = x_0 + \exp\left(a + \frac{b}{t} + c \ln t\right),$	Родовища нафти і газу України

*Джерело: сформовано автором на основі [5, 15,16]

У моделях позначається:

x – видобуток нафти або газу накопичений за певний період ;

$\frac{dx}{dt}$ - видобуток вуглеводнів або води за одиницю часу (добу, місяць, рік)

Аналіз математичних моделей, наведених у табл.1, показує, що вони є еволюційними у вигляді різних диференціальних рівнянь першого порядку. Слід зазначити, що закон еволюції такої динамічної системи як нафтогазовидобування запропоновано [5] описувати також системою звичайних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dx}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_N), i = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де x_i - провідні синергетичні зміни, що характеризують процес видобування вуглеводнів.

Параметри моделі (1) визначають за допомогою комп'ютерної обробки статистичних даних, але для остаточного прогнозу використовують експертне коригування визначених параметрів. Отже, ризик-менеджер НГВП тільки після врахування усієї інформації про об'єкт управління приймає фінальний тип прогнозованої еволюції щодо цього об'єкта.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що для прогнозування видобутку вуглеводнів використовують моделі з чотирьох і п'яти звичайних диференціальних рівнянь, але при цьому відхилення фактичних даних від змодельованих досягають 70% [15].

Авторами [5,15 та ін.] зроблено важливий висновок, що моделювання бізнес-процесів видобування вуглеводнів подібними моделями є правомірним лише для великих за запасами і фондами свердловин родовищ. Для невеликих родовищ вуглеводнів ці моделі стають неадекватними і тому для них можуть бути запропоновані синергетичні моделі у вигляді нелінійних відображень, тобто рекурентних виразів [15].

В основі вибору моделі процесів отримання доходів від видобування вуглеводнів, з метою виконання завдань управління ризиками, покладено відповідність таким критеріям: модель має бути

придатною для моделювання процесів видобування не тільки нафти, але й газу; мати аналітичне пояснення; бути корисною і адекватною у більшості випадків; відзначатися доступністю; містити максимум інформації з обмеженого переліку чинників. У результаті дослідження було побудовано формальну динамічну модель динаміки отримання доходу від видобування вуглеводнів на основі холистичного підходу, яка дає змогу визначати доходи НГВП як на етапі прогресивного розвитку видобутку, так і у пізній період експлуатації родовища з урахуванням його завоєднення, що забезпечує об'єктивне прогнозування доходів на будь-який період розробки родовища.

Модель, що адаптована до поставлених вище завдань та визначених умов, має наступний вигляд:

$$\frac{dx}{dt} = \exp\left(a + \frac{b}{t} + c \ln t\right), \quad (2)$$

де $\frac{dx}{dt}$ - узагальнюючий синергетичний чинник – видобуток товарної продукції за певний час; нафти

– т/добу, газу – тис.м3/добу;

a, b, c – параметри моделі, які підлягають ідентифікації у режимі реального часу;

t – час видобування вуглеводнів (лаг), доба, місяць, квартал, рік.

Зазначимо, що модель (2) адекватно описує весь життєвий цикл родовища вуглеводнів. При цьому параметри моделі a, b, c змінюються не тільки за величиною, але й за знаком. На початкових етапах, коли спостерігається збільшення видобутку вуглеводнів, параметр моделі a є додатнім, а параметри b і c – від'ємні. Під час подальшої експлуатації родовища, коли спостерігається зменшення видобутку вуглеводнів, параметр a стає від'ємним, а параметри b і c – додатніми.

Модель (2) принципово відрізняється від інших тим, що її можна використовувати у реальному часі з будь-яким часовим лагом t (доба, місяць, рік). При надходженні нової інформації про видобуток товарної продукції усі параметри моделі (2) можуть бути скореговані відповідно до змін, які відображаються в обсягах видобутих нафти і газу.

Для прогнозування значень вихідної змінної $\frac{dx}{dt}$ на наступний період, у модель (2) подаються

значення вхідних змінних $x_1, x_2, \dots, x_c$ за попередній період.

Що стосується ролі параметрів моделі у формуванні узагальнюючого синергетичного чинника, то зазначимо, що параметр a відповідає за загальну динаміку розвитку, тобто за амплітуду модельної кривої, а параметр b вказує на наявність максимуму кривої $\frac{dx}{dt} = f(t)$.

Таким чином, можна вважати, що вектор $\bar{A}$ параметрів феноменологічної економіко-математичної моделі (2) $\bar{A} = (a, b, c)$ визначає сутність участі кожної складової ресурсів у сумарному результаті господарської діяльності НГВП.

Дійсно, вектор $\bar{A}$ об'єднує основні зовнішні збурювальні економічні чинники, які суттєво впливають на динаміку видобування вуглеводнів, а саме: ціна нафти, характеристики попиту на нафту і газ, ставки оподаткування, умови ринку праці, рівень фінансових витрат НГВП, екологічні збитки та ін.

Ці чинники, у свою чергу залежать як від часу, так і від:

- трансфертної ціни нафти,
 - місячних фіксованих загальновиборничих витрат, екологічних збитків;
 - вартості робочої сили НГВП;
 - чисельності виробничого персоналу;
 - виробничої потужності НГВП;
 - норм амортизації;
 - ціни реалізації однієї тонни нафти;
 - постійних і змінних збутових витрат на 1 т нафти;
 - ставки реінвестування прибутку у капітал НГВП,
- які впливають на синергетичний ефект у системі видобування вуглеводнів.

Важливою конкурентною перевагою моделі (2), яка відображає зв'язки між цільовим продуктом і ресурсами з коефіцієнтом кореляції $r=0,88 - 0,99$ і середньоквадратичними відхиленнями $s=0,15 - 0,63$ (табл. 2), є те, що вона дає змогу ефективно розв'язувати задачі ідентифікації параметрів a, b, c за єдиним алгоритмом, який не залежить від вигляду функції, що пов'яже вихід системи з її входом, а також вірогідно та надійно планувати і прогнозувати доходи НГВП залежно від обсягів видобутку вуглеводнів з урахуванням екологічних збитків.

Враховуючи високі статистичні характеристики моделі (2), їх взято за основу формальної моделі прогнозування видобутку вуглеводнів НГВП:

для видобутку нафти

$$\frac{dx_{oil}}{dt} = \exp\left(Q_{oil} + \frac{b_{oil}}{t} + C_{oil} \ln t\right), \quad (3)$$

для видобутку газу

$$\frac{dx_{gas}}{dt} = \exp(Q_{gas} + \frac{b_{gas}}{t} + C_{gas} \ln t), \quad (4)$$

де t – часовий лаг, $\forall t \in R$ – час розробки родовища вуглеводнів; при $t=0$ $x_{oil} = x_{oil_0}$, $x_{gas} = x_{gas_0}$;

$Q_{oil}, b_{oil}, C_{oil}; Q_{gas}, b_{gas}, C_{gas}$ – параметри моделі, що підлягають ідентифікації.

Отже, формальна модель динаміки розвитку і прогнозування видобутку вуглеводнів представлена у формі двох еволюційних рівнянь, що мають вигляд диференціальних рівнянь першого порядку.

Таблиця 2

Статистичні характеристики адекватності математичної моделі (2) на прикладі видобування нафти і газу в Україні

Показники	Видобування нафти в Україні		Видобування газу в Україні		Видобування нафти ПАТ «Укрнафта»		Динаміка розвитку
Середньоквадратичне відхилення, s	0,44		0,15		0,53		Початковий етап розробки
		0,48		0,53		0,44	Період спадання видобутку
Коефіцієнт кореляції, r	0,99		0,99		0,88		Початковий етап розробки
		0,97		0,9		0,98	Період спадання видобутку

*Джерело: сформовано автором на основі [15]

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

В результаті проведеного дослідження вперше представлено формальну динамічну феноменологічну модель процесу видобування вуглеводнів, побудовану на основі використання холистичного підходу. Вона дає змогу визначати доходи нафтогазовидобувних підприємств як на етапі позитивної динаміки розвитку, так і у пізній період експлуатації родовища з урахуванням екологічних збитків, що забезпечує об'єктивне прогнозування до підприємства на будь-який період розробки родовища. Модель передбачає ідентифікацію її параметрів за єдиним алгоритмом у режимі реального часу, що дає змогу запобігти ускладненням щодо забезпечення планового видобутку вуглеводнів та об'єктивно підійти до прогнозування доходів підприємства на будь-який період. Теоретичні висновки щодо вибору типу формальної моделі як корисної для опису процесу видобування вуглеводнів підтверджено результатами аналізу динаміки розвитку видобутку нафти і газу на родовищах України. Крім цього встановлено, що запропонована феноменологічна модель є адекватною реальним процесом видобування нафти і газу. У подальших дослідженнях доцільно буде розглянути імплементацію розробленої моделі у системи ERP або «інтелектуальне родовище» з метою максимального впровадження цифрових технологій у нафтогазовидобувну галузь.

Література

1. Станіславик О.В. Імітаційне моделювання як інструмент оптимізації операційних процесів підприємства. / О.В. Станіславик, О.М. Коваленко// Актуальні питання у сучасній науці. – 2025. -№ 1(31). [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-1\(31\)-175-190](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-1(31)-175-190)
2. Свірський Ю. Вектори застосування імітаційного моделювання в управлінні бізнес-процесами. / Ю.Свірський// Економіка та суспільство. – 2024. - № 61. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-71>
3. Дорошенко В. М. Аналіз напрямів удосконалення систем розробки нафтових і газових родовищ на пізній стадії / В.М. Дорошенко, О.С. Тітлов// Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2021. - Том 1 № 1(57). <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225466>
4. Юрчишин В.М. Інформаційне моделювання нафтогазових об'єктів / В.М. Юрчишин, В.І. Шекета, О.В. Юрчишин// Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - 2010 – 196 с.
5. Романова В. Моделювання процесів видобування вуглеводневих флюїдів /В.Романова, В.Білецький// Харків: Геотехнології=Geotechnologies. – 2021. – № 4. – С. 6-13. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/664906f6-359d-41a9-a272-563d25543a02>
6. Моделювання у нафтогазовій інженерії: навчальний посібник. /[авт. – уклад. В.С. Білецький]. – Львів: Видавництво "Новий Світ – 2000", 2021. – 306 с. ISBN 978-617-7519-90-3. URL: https://www.researchgate.net/publication/353953724_Bileckij_VS_Modeluvanna_u_naftogazovij_inzenerii_navcaln_ij_posibnik_VS_Bileckij_-_Lviv_Vidavnictvo_Novij_Svit_-_2000_-_Harkiv_NTU_HPI_2021_-_306_s_ISBN_978-617-7519-90-3
7. Лубков, М. Моделювання процесів витіснення в неоднорідних анізотропних газоносних пластах./ М. Лубков, О. Захарчук// Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Геологія. – 2025. - 2(93), С.94-99. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.93.11>

8. Розробка та експлуатація нафтових родовищ: підручник; 4-те доповнене видання / [авт.-уклад. В.С.Бойко] . – Київ: Міжнародна економічна фундація, 2008. – 488 с.

9. І.Іванченко. Методичні підходи до оцінювання економічної ефективності методів збільшення нафтовилучення / І.Іванченко // Галицький економічний вісник. — 2012. — №6(39). — С.41-52. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/2277/1/GEB_2012_v39_No6-I_Ivanchenko-Methodological_approaches_to_the_evaluation_of_41.pdf

10. Демчина М.М. Реалізація формальних методів інтелектуального керування на основі нечітких знань про нафтогазові об'єкти / М.М. Демчина, В.Р. Процюк, Г.Я. Процюк// Нафтогазова енергетика, ІФНТУНГ. – 2011. - №3(16). –С.96-107

11. Ващишак С.П. Аналіз ризиків безпечної експлуатації інженерних споруд значної довжини та підходи до її оцінки/ С.П. Ващишак, П.М. Райтер, А.В. Яворський// Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. -№2(39). – С. 54-58

12. Ясінецька І.А. Закономірності сталого розвитку землекористування з огляду на його категорії та критерії / І.А. Ясінецька, Т.М. Кушнірук, А.С. Марченко// Центральний український науковий вісник. Економічні науки. – 2024. - вип. 12(45). [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12\(45\).104-118](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12(45).104-118)

13. Якімцов В. Еволюція сучасної наукової картини світу. / В. Якімцов// Аграрна економіка. – 2018. - Т. 11 № 3-4. – С.119-128. <https://doi.org/10.31734/agrarecon2018.03.119>

14. Основи теорії систем та системного аналізу: навчальний посібник / [за заг. ред. Г.П. Ситника]. – К: ТОВ «Академпрес», 2024. – 160 с.

15. URL: <https://ipacs.knu.ua/pages/dop/391/files/16db659a-6764-4c03-86b2-f517acc290b6.pdf>

16. Фадєєва І.Г. Застосування сучасних моделей у системі стратегічного управління нафтогазовидобувними підприємствами / І.Г. Фадєєва, Л.Т. Гораль// Економічний часопис-XXI. - 2014. – №1-2 (1), – С.106-109

17. Герасименко В.Еволюційні рівняння для кумулянтів функцій розподілу систем частинок з топологічною взаємодією / В. Герасименко, І. Гап'як// Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки. – 2024. – Вип. 26 / <https://doi.org/10.32626/2308-5878.2024-26.20-36>

References

1. Stanislavskiy O.V. Imitatsiine modeliuвання yak instrument optymizatsii operatsiinykh protsesiv pidpriemstva. / O.V. Stanislavskiy, O.M. Kovalenko// Aktualni pytannya u suchasniy nautsi. – 2025. -№ 1(31). [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-1\(31\)-175-190](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2025-1(31)-175-190)
2. Svirskiy Yu. Vektory zastosuvannya imitatsiynoho modeliuвання v upravlinni biznes-protsesamy. / Yu.Svirskiy// Ekonomika ta suspilstvo. – 2024. - № 61. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-71>
3. Doroshenko V. M. Analiz napriamiv udoskonalennia system rozrobky naftovykh i hazovykh rodovyskh na piznii stadii / V.M. Doroshenko, O.S. Titlov// Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva. – 2021. - Том 1 № 1(57). <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225466>
4. Yurchyshyn V.M. Informatsiine modeliuвання naftohazovykh ob'ektiv / V.M. Yurchyshyn, V.I. Sheketa, O.V. Yurchyshyn// Ivano-Frankivsk: Ivano-Frankivskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet nafty i hazu. - 2010 – 196 s.
5. Romanova V. Modeliuвання protsesiv vydobuvannya vuhlevodnevykh fluidiv / V.Romanova, V.Biletskyi//Kharkiv: Heotekhnolohii=Geotechnologies. – 2021. – № 4. – S. 6-13. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/664906f6-359d-41a9-a272-563d25543a02>
6. Biletskyi V.S. Modeliuвання u naftohazovii inzhenerii: navchalnyi posibnyk. / V.S. Biletskyi – Lviv: Vydavnytstvo "Noviy Svit – 2000". – 2021. – 306 s. ISBN 978-617-7519-90-3. URL: https://www.researchgate.net/publication/353953724_Bileckij_VS_Modeliuвання_u_naftogazovij_inzhenerii_navchalnij_posibnyk_VS_Bileckij_-_Lviv_Vidavnytstvo_Noviy_Svit_-_2000_-_Harkiv_NTU_HPI_2021_-_306_s_ISBN_978-617-7519-90-3
7. Lubkov, M. Modeliuвання protsesiv vytisnennia v neodnorodnykh anizotropnykh hazonosnykh plastakh/ M. Lubkov, O. Zakharchuk// Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia. – 2025. - 2(93). - S.94-99. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.93.11>
8. Rozrobka ta ekspluatatsiia naftovykh rodovyskh: pidruchnyk; 4-te dopovnene vydannia / [avt.-uklad. V.S.Boiko] . – Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 2008. – 488 s.
9. I.Ivanchenko. Metodychni pidkhody do otsiniuvannya ekonomichnoi efektyvnosti metodiv zbilshennia naftovyluchennia / I.Ivanchenko // Halytskyi ekonomichnyi visnyk. — 2012. — №6(39). — С.41-52. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/2277/1/GEB_2012_v39_No6-I_Ivanchenko-Methodological_approaches_to_the_evaluation_of_41.pdf
10. Demchyna M.M. Realizatsiia formalnykh metodiv intelektualnoho keruvannya na osnovi nechitkykh znan pro naftohazovi ob'ekty / M.M. Demchyna, V.R. Protsiuk, H.Ia. Protsiuk// Naftohazova enerhetyka, IFNTUNH. – 2011. - №3(16). –С.96-107
11. Vashchysyak S.P. Analiz ryzykiv bezpechnoi ekspluatatsii inzhenernykh sporud znachnoi dovzhyny ta pidkhody do yii otsinky/ S.P. Vashchysyak, P.M. Raiter, A.V. Yavorskyi// Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyskh. – 2011. -№2(39). – С. 54-58
12. Yasinetska I.A. Zakonomirnosti staloho rozvytku zemlekorystuvannya z ohliadu na yoho katehorii ta kryterii / I.A. Yasinetska, T.M. Kushniruk, A.S. Marchenko// Tsentralno ukrainskyi naukovyi visnyk. Ekonomichni nauky. – 2024. - . №12(45). [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12\(45\).104-118](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12(45).104-118)
13. Yakimtsov V. Evoliutsiia suchasnoi naukovo kartyny svitu. / V. Yakimtsov// Ahrarna ekonomika. – 2018. - V. 11 № 3-4. – S.119-128. <https://doi.org/10.31734/agrarecon2018.03.119>
14. Osnovy teorii system ta systemnoho analizu: navchalnyi posibnyk / [za zah. red. H.P. Sytnyka]. – К: ТОВ «Академпрес», 2024. – 160 с. URL: <https://ipacs.knu.ua/pages/dop/391/files/16db659a-6764-4c03-86b2-f517acc290b6.pdf>
15. Fadyeyeva I.H. Zastosuvannya suchasnykh modelei u systemi stratehichnoho upravlinnia naftohazovydobuvnyymy pidpriemstvamy / I.H. Fadyeyeva, L.T. Horal// Ekonomichnyi chasopys-KhKhI. - 2014. – №1-2 (1), – С.106-109
16. Herasymenko V.Evoliutsiini rivniannia dlia kumuliantiv funktsii rozpodilu system chastynok z topolohichnoiu vzaiemodieiu / V. Herasymenko, I. Hapiak// Matematychna ta kompiuterne modeliuвання. Seria: Fyzyko-matematychni nauky. – 2024. – Vyp. 26. <https://doi.org/10.32626/2308-5878.2024-26.20-36>