

Технічні науки

УДК 622.279

Пилявський Сергій Вікторович

магістр нафтогазової інженерії, магістр гірництва

Pyliavskiy Serhii

Master Degree Oil and Gas Engineering, Master Degree Mining

Пилявський Віктор Вікторович

інженер-механік, гірничий інженер

Pyliavskiy Viktor

Mechanical Engineer, Mining Engineer

МОДЕЛЮВАННЯ ПОКЛАДУ ТА СИМУЛЯЦІЯ РОЗРОБКИ

ПОКЛАДУ В ПРОГРАМІ PETREL ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ

ГАЗОВИЛУЧЕННЯ

RESERVOIR MODELING AND SIMULATION OF RESERVOIR

DEVELOPMENT IN PETREL SOFTWARE TO INCREASE GAS

RECOVERY

Анотація. У пропонованій статті аналізуються сучасні методи моделювання і симуляції з використання програми Petrel, що дозволяють детально вивчити вплив різних факторів на ефективність видобутку газу. Розглядається процес створення моделей покладів та алгоритмів для симуляцій. Особлива увага приділяється оптимізації процесів видобутку та зменшенню витрат. Результати досліджень можуть бути використані для підвищення економічної ефективності експлуатації газових родовищ

Ключові слова: моделювання, симуляція покладу, видобуток газу, газовилучення, Petrel.

Summary. *The proposed article analyzes modern methods of modeling and simulation using the Petrel program, which allow to study in detail the influence of various factors on the efficiency of gas production. The process of creating deposit models and algorithms for simulations is considered. Special attention is paid to optimization of mining processes and cost reduction. Research results can be used to increase the economic efficiency of gas field exploitation*

Key words: *modeling, deposit simulation, gas production, gas extraction, Petrel.*

Моделювання та симуляція розробки покладів є важливими аспектами у геології, гірничій справі, нафтогазової індустрії. Моделювання допомагає у плануванні і проведенні видобутку з максимальною ефективністю, зменшенні витрат і підвищенні прибутковості завдяки створенню детальної моделі геологічної структури та оцінці потенційного обсягу ресурсів. Моделювання допомагає в оцінці економічної доцільності проектів, забезпечуючи дані для прийняття рішень про інвестиції та стратегії видобутку.

Симуляція розробки покладу допомагає прогнозувати можливі проблеми, такі як обрушення, затоплення або інші технічні складнощі. Це дозволяє розробити стратегії для їх уникнення або мінімізації їх впливу, а також оцінити потенціальні екологічні впливи розробки покладу, такі як, можливі викиди, забруднення водоносних шарів і інші екологічні ризики, що дозволяє вчасно вжити заходів для їхнього зменшення.

Постійне удосконалення програмних засобів для моделюванні та симуляції допомагають покращити точність моделей і прогнозів. Таким чином, моделювання покладу і симуляція розробки покладу є критично важливими для ефективного та безпечного видобутку ресурсів, забезпечення економічної доцільності проектів і зменшення їхнього впливу на навколишнє середовище [2].

Актуальність теми моделювання покладу та симуляції розробки покладу з метою дослідження процесів підвищення газовилучення з газових є дуже високою і зумовлена кількома ключовими факторами: вона несе економічні вигоди. Такі як, оптимізація видобутку і підвищення прибутковості; технічні і технологічні виклики, а саме ускладнені геологічні умови і розвиток нових технологій. Моделювання і симуляція допомагають краще зрозуміти ці умови, розробити ефективні стратегії видобутку, створити моделі, що спрогнозують наслідки використання нових технологій.

Тема моделювання покладів і симуляції розробки покладів для підвищення газовилучення з газових родовищ хоча і є спеціалізованою, однак включає дослідження в ряді наукових і технічних дисциплін, таких як гірничу справу, геологію, нафтогазову інженерію та фізику порід, Тему досліджують в провідних технічних університетах, а саме: Інститут нафтогазової інженерії Техаського університету (The University of Texas at Austin) – займається дослідженнями в області моделювання і симуляції покладів, включаючи підвищення газовилучення; Массачусетський технологічний інститут (MIT) – проводить дослідження в галузі нафтогазової інженерії, включаючи розвиток нових методів моделювання і симуляції; Ендрю М. Пейдж (Andrew M. Page) – займається розробкою моделей покладів та симуляцією процесів видобутку; дослідження Бенджаміна Д. Хукса (Benjamin D. Hooks) зосереджені на підвищенні ефективності видобутку газу з родовищ, зокрема на технологіях покращення газовилучення. Один з найбільших постачальників послуг у сфері видобутку нафти і газу нафтогазова компанія: Schlumberger, - активно займається розробкою технологій моделювання покладів і симуляції. нафтогазова компанія Halliburton – також спеціалізується на технологіях підвищення видобутку газу і розробці нових методів для підвищення газовилучення. Дослідження теми здійснюється на кафедрі видобування

нафти і газу в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу д.т.н.. проф. Кондратом О. Р. [2; 6].

Моделювання покладу НД – 11 Любешівського родовища складається з геологічного моделювання та моделювання розподілу покладів газу. Геологічне моделювання включає в себе збір даних у вигляді використання геофізичних, геохімічних та геологічних даних для створення тривимірної моделі покладу [3; 4].

Також відбувається **інтерпретація даних, а саме** аналіз проб, буріння та інших даних для визначення структури та складу покладу. На їх основі в програмі Petrel створюється тривимірна модель та завантажується структурна карта родовища. Здійснюється оцифровка завантаженої карти.

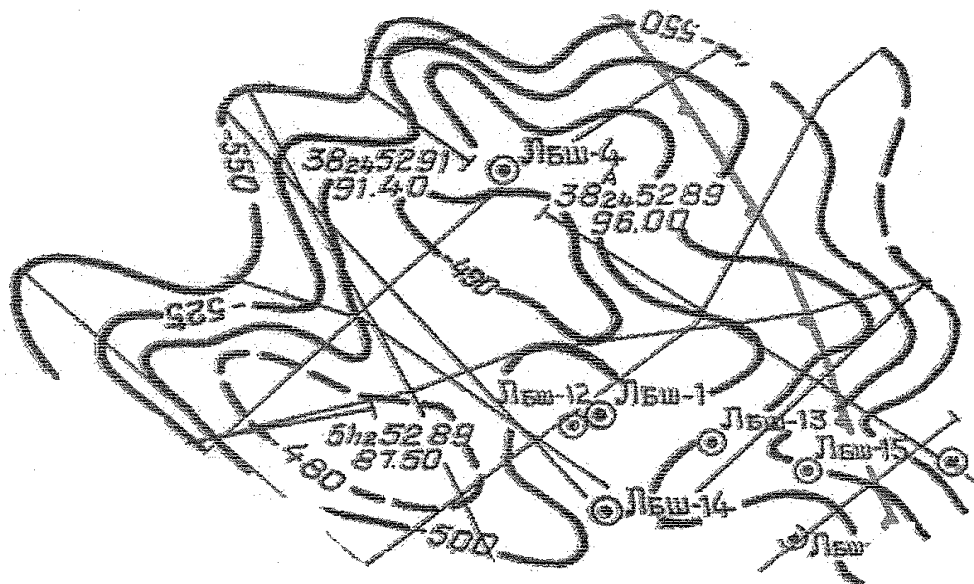


Рис. 1. Структурна карта покладу НД – 11 Любешівського родовища

Для оцифровки необхідно відкрити структурну карту у новому 2D вікні та задати параметри карти (висота, ширина і глибина). Для проведення

ізоліній по лініям структурної карти родовища на вкладці Stratigraphy слід вибрати пункт Polygon editing і потім обвести лінії на структурній карті.

Отримані результати зображені на рис. 2.

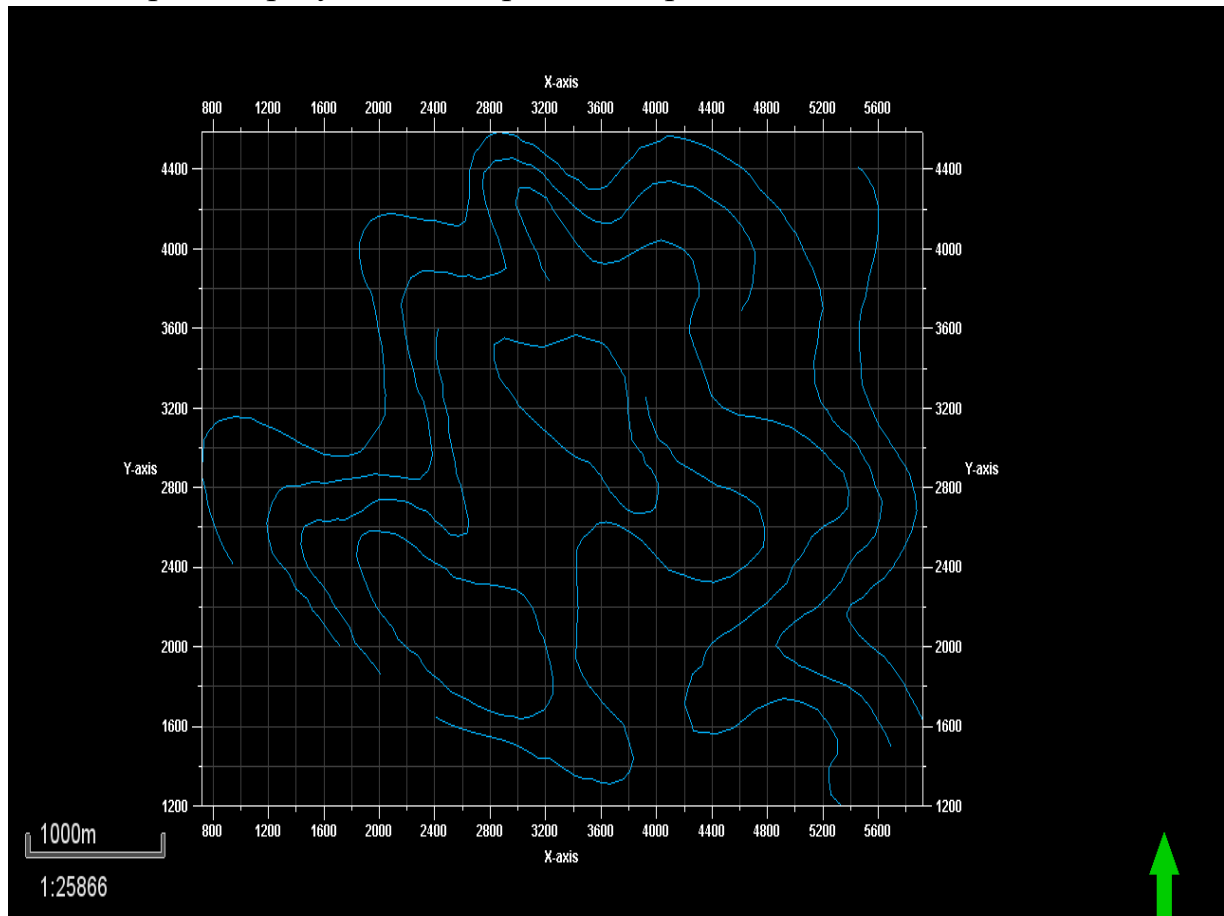


Рис. 2. Ізолінії структурної карти

Після завершення редагування карти ізоліній задаються глибини ізоліній і отримане відображається в новому тривимірному вікні.

Отриманий результат показано на рис. 3.

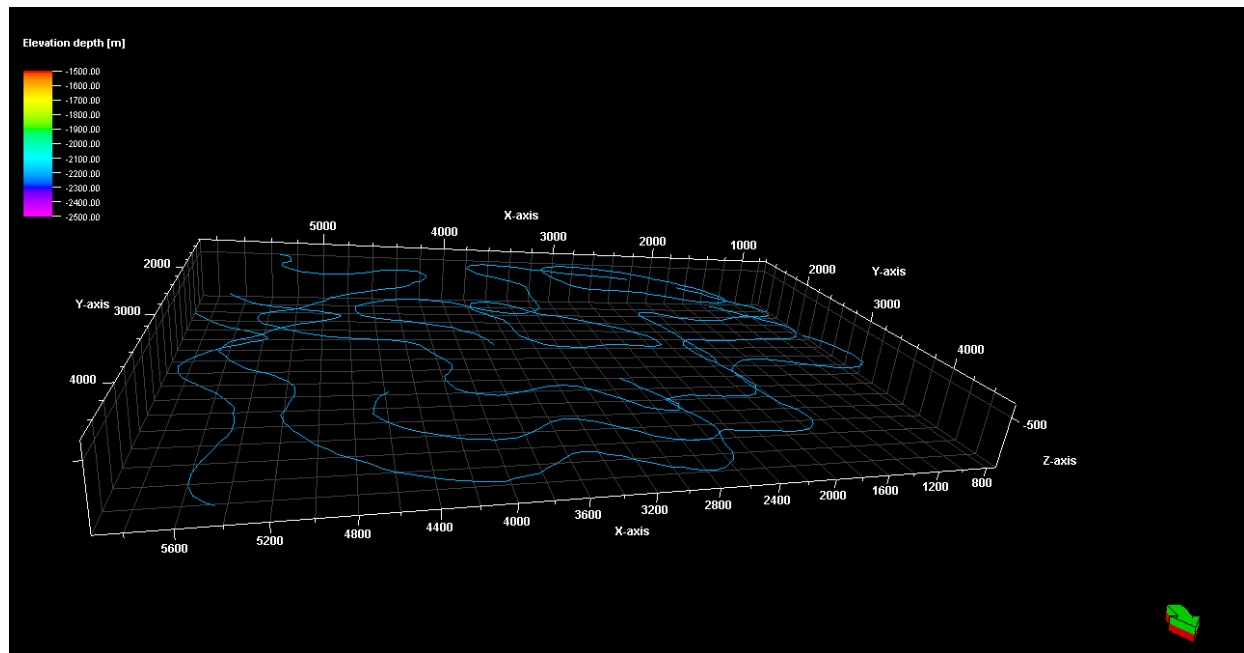


Рис. 3. Тривимірна карта ізоліній покладу

На основі карти ізоліній покладу створюємо тривимірну модель : на вкладці Structural Modeling вибираємо пункт Make simple grid в якому задаємо покрівлю і підшову покладу.

Отриманий результат зображено на рис. 4.

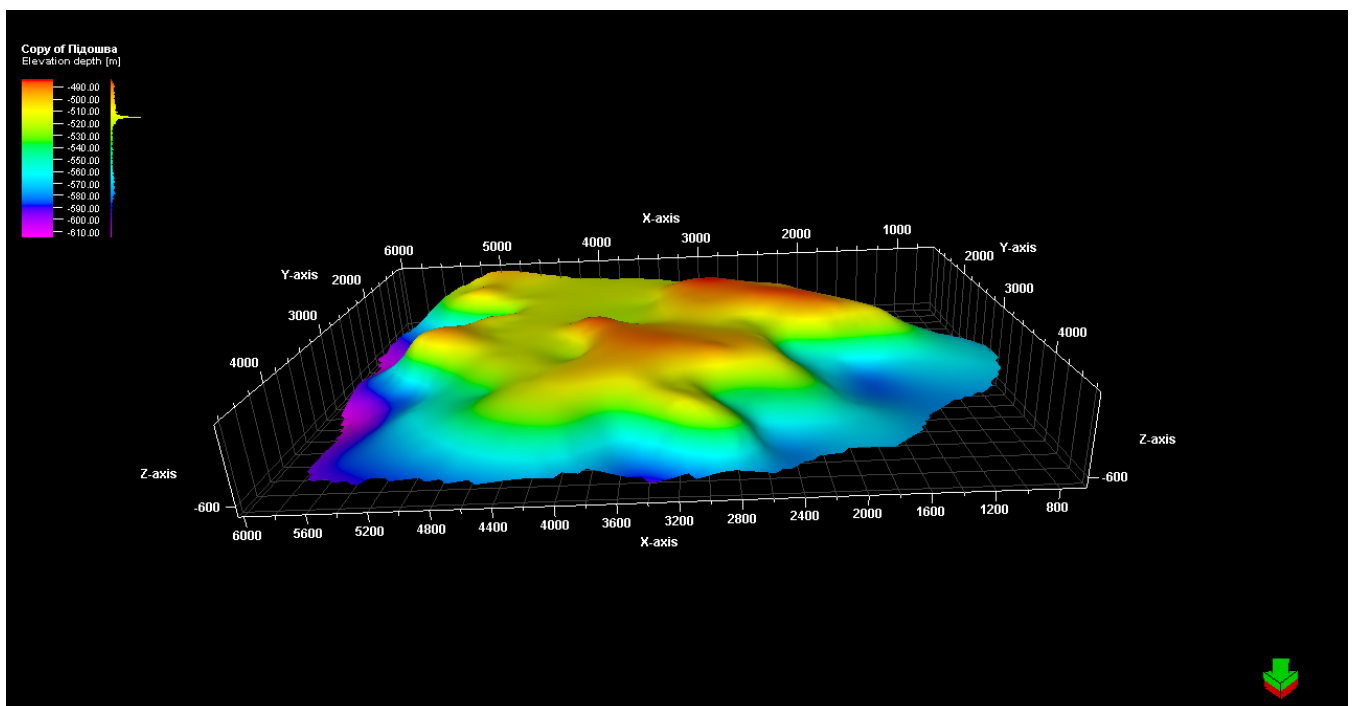


Рис. 4. Тривимірна модель поклад

Відповідно з зібраними геолого – технологічними даними поклад НД – 11 знаходиться на глибині від 490 до 610 м [3]. Для наділення покладу основними параметрами необхідно створити шари покладу, тому у вкладці Structural Modeling вибираємо пункт Make zones та задаємо кількість шарів нашої моделі (в даному випадку 30 шарів)

Для повноцінності геологічної моделі їй потрібно додати петрофізичні параметри, а саме пористість, проникність та газонасиченість. Для цього вкладці Property Modeling знаходимо вікно Petrophysical modeling та задаємо пористість яка для покладу НД – 11 коливається в межах від 16 до 26 %. Для розподілення пористості по пласту ми використовуємо метод Гаусса, що в випадковому порядку розподіляє задану нами пористість. Отримані результати відображені на рис. 5.

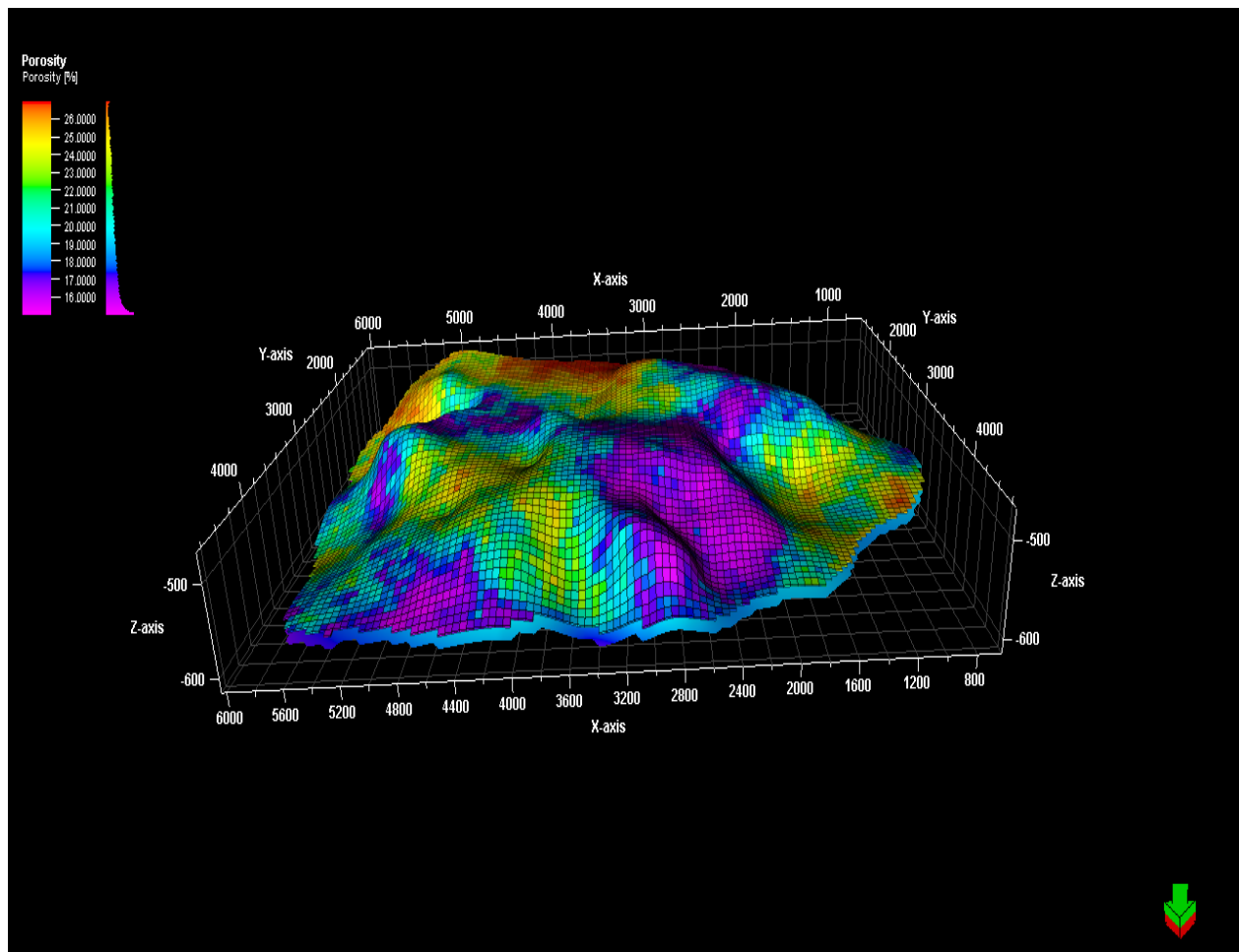


Рис. 5. Пористість за Гауссом

Таким самим чином задаємо проникність і газонасиченість покладу. Отримані результати відображені на рис. 6 та 7 відповідно.

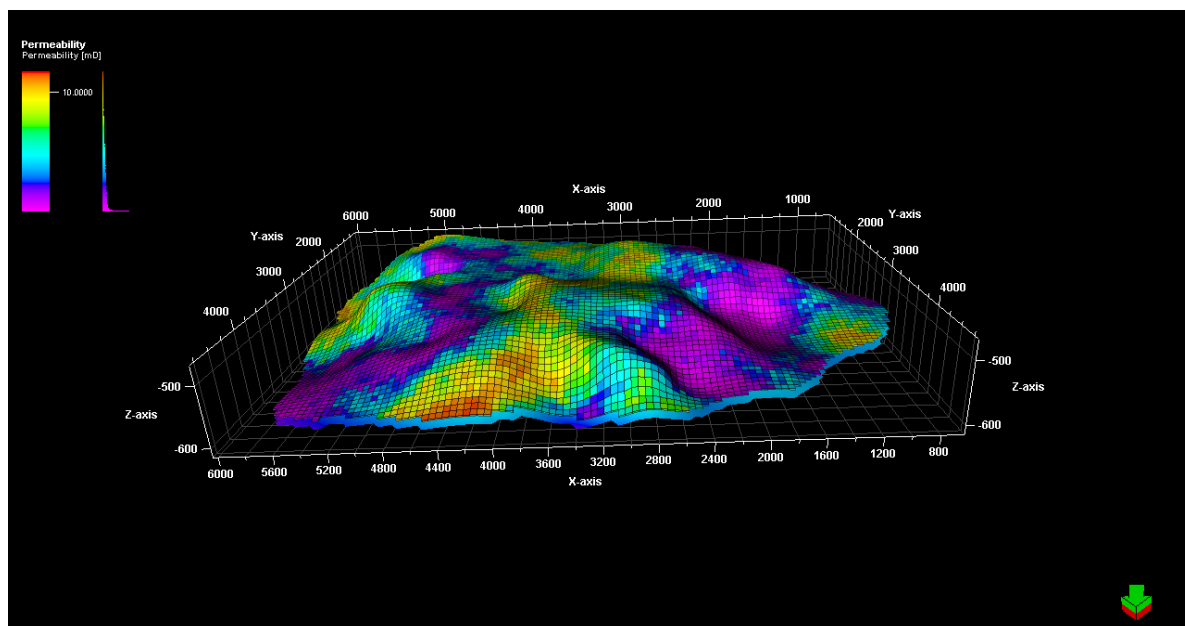


Рис. 6. Проникність покладу за Гауссом

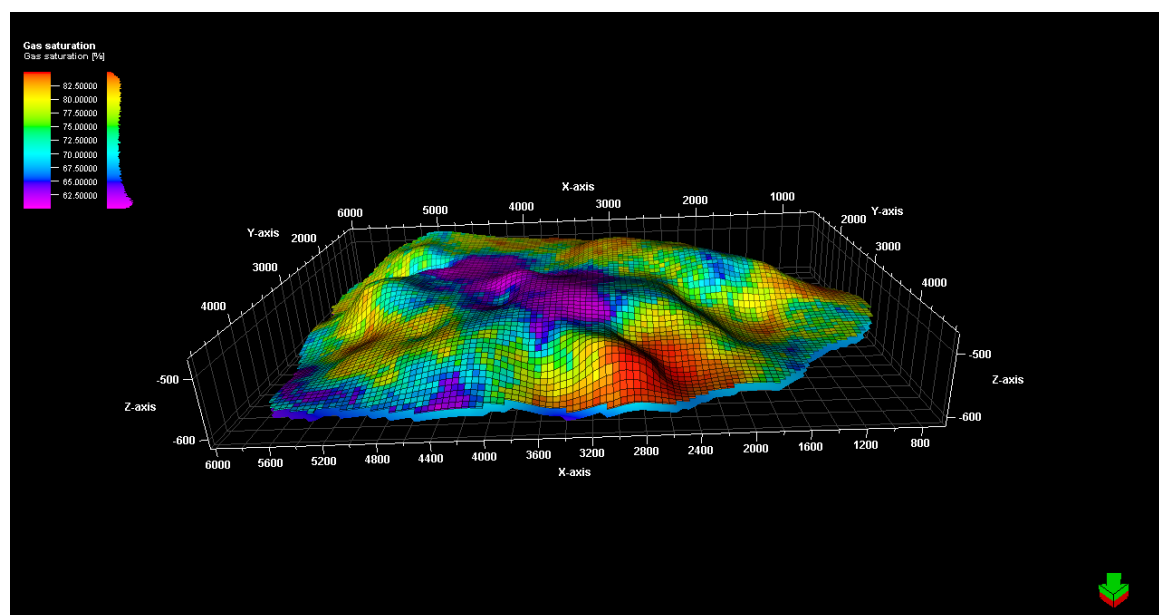


Рис. 7. Газонасиченість за Гауссом

Нами була вибрана проникність від 1 до 10 Д. Значення газонасиченості покладу коливається в діапазоні від 62,5 до 82,5 %

Оскільки в покладі наявні водоносні горизонти створюємо газоводяний контакт. Для цього на вкладці Property Modeling пункт Contacts

і створюємо контакт над нашим газоносним горизонтом. ГВК зображений на рис. 8.

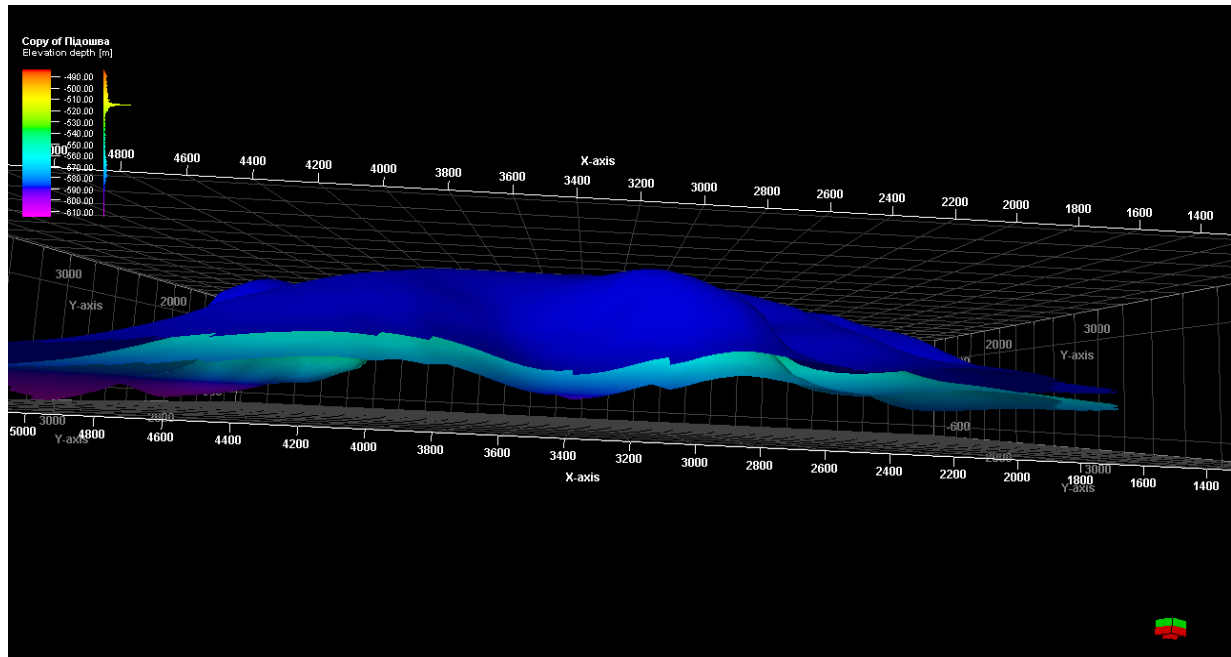


Рис. 8. Газоводний контакт

Після створення геологічної моделі покладу необхідно створити існуючі свердловини. На покладі НД – 11 знаходиться 6 експлуатаційних свердловин Лбш – 1, Лбш -4, Лбш – 12, Лбш -13, Лбш -14, Лбш-15.

Для створення свердловини у вкладці Well Engineering та відкриваємо функцію Add Well і додаємо існуючі експлуатаційні свердловини. Отримані свердловини відображаємо на нашому покладі як показано на рис. 9.

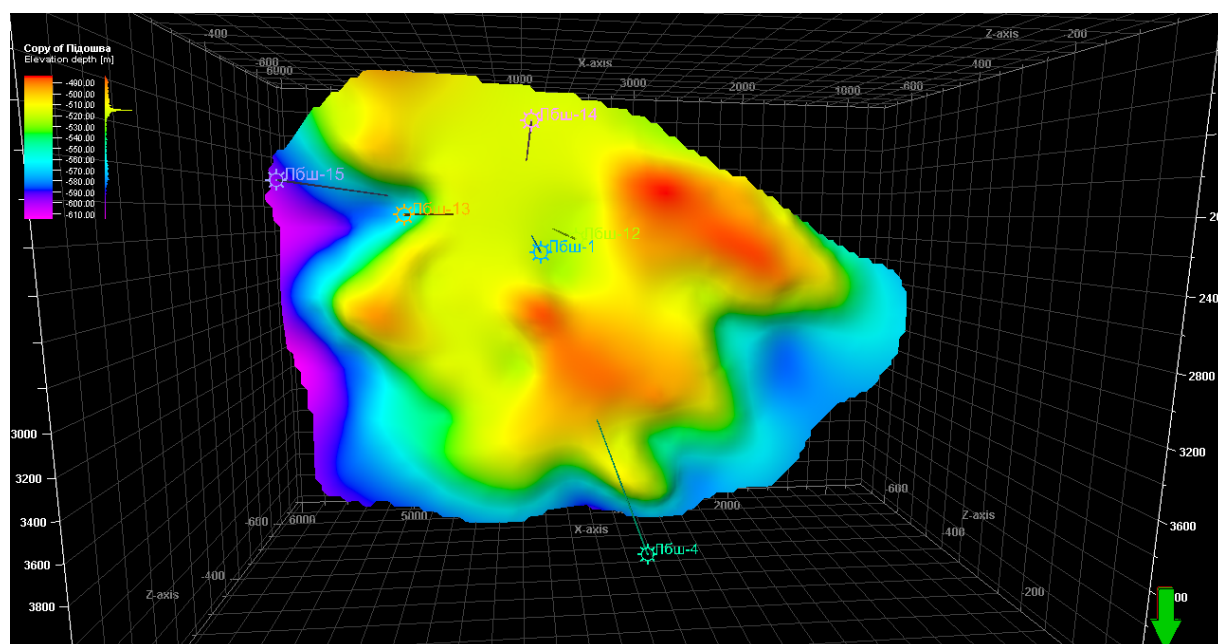


Рис. 9. Існуючі свердловини на покладі.

Наступним кроком в створенні свердловин є створення профілю існуючих свердловин. Профілі даних свердловин зображено на рис. 10.

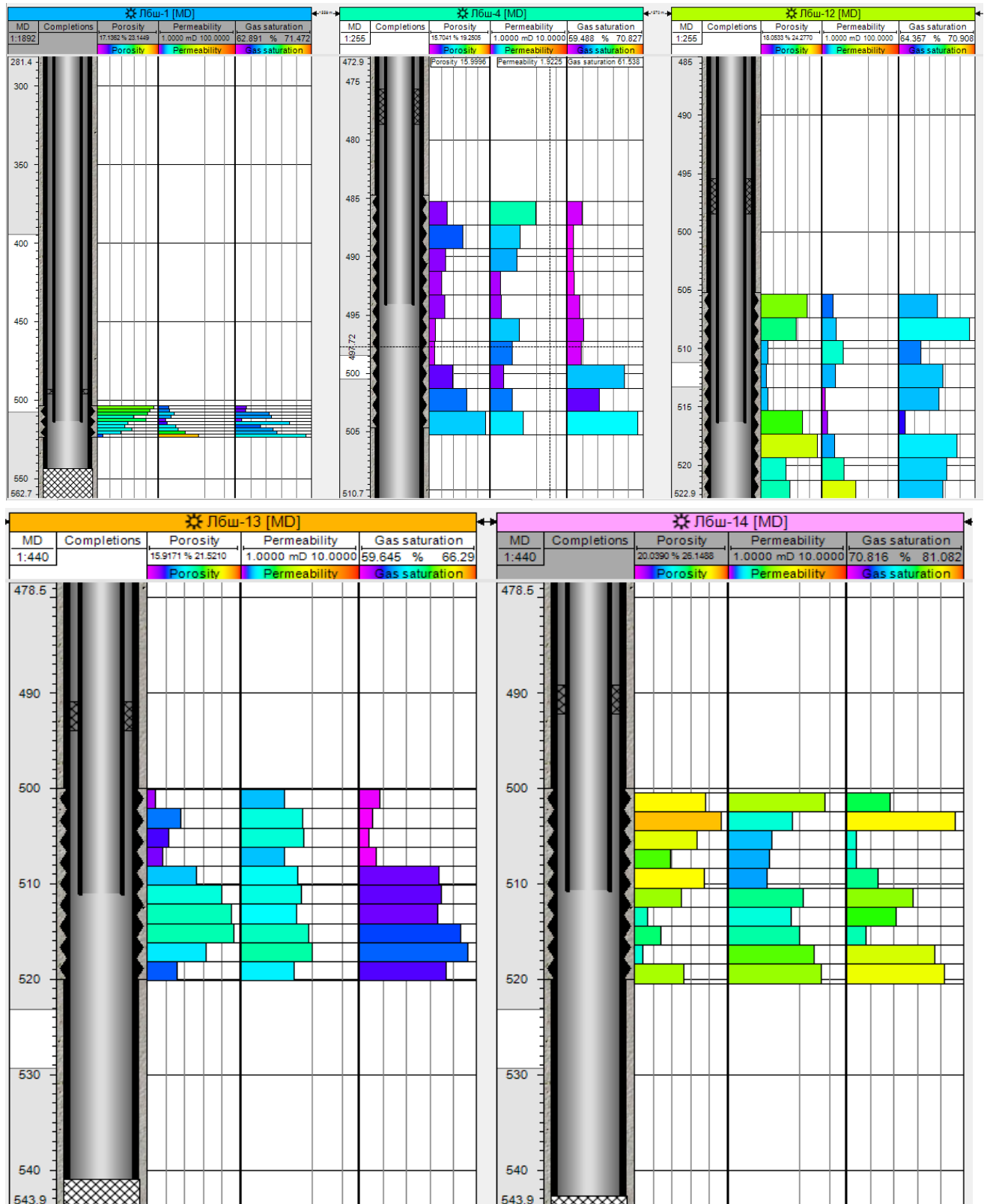


Рис. 10. Профілі існуючих експлуатаційних свердловин

Для вибору стратегії розробки покладу заходимо на вкладку Well Engineering, наступним кроком вибираємо Development strategy та

створюємо нову стратегію розробки вже створеного нами покладу. Для даного випадку ми вибираємо стратегію з розробки свердловини на виснаження за для того, щоб визначити накопичені видобутки газу з родовища на протязі 20 років.

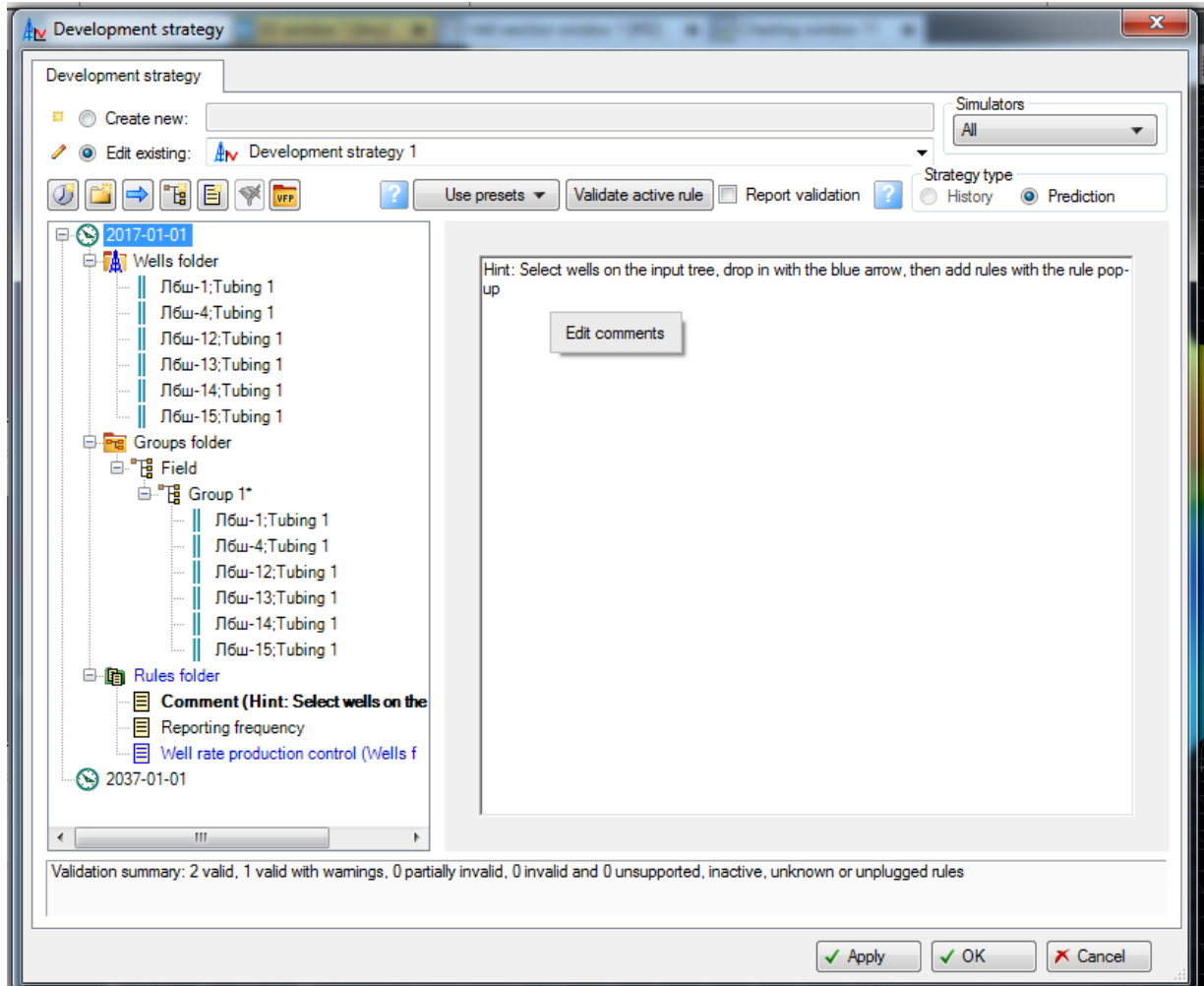


Рис. 11. Вибір стратегії розробки покладу

В папку додаємо Well folder існуючі і вже запроектовані нами експлуатаційні свердловини для подальшого використання в створенні симуляції. Задавши стратегію розробки покладу нам необхідно створити симуляцію у вкладці Simulation обираємо пункт Define simulation case.

Для цього в першому вікні необхідно вибрати вже задані нами основні параметри покладу в ході створення свердловини на покладі

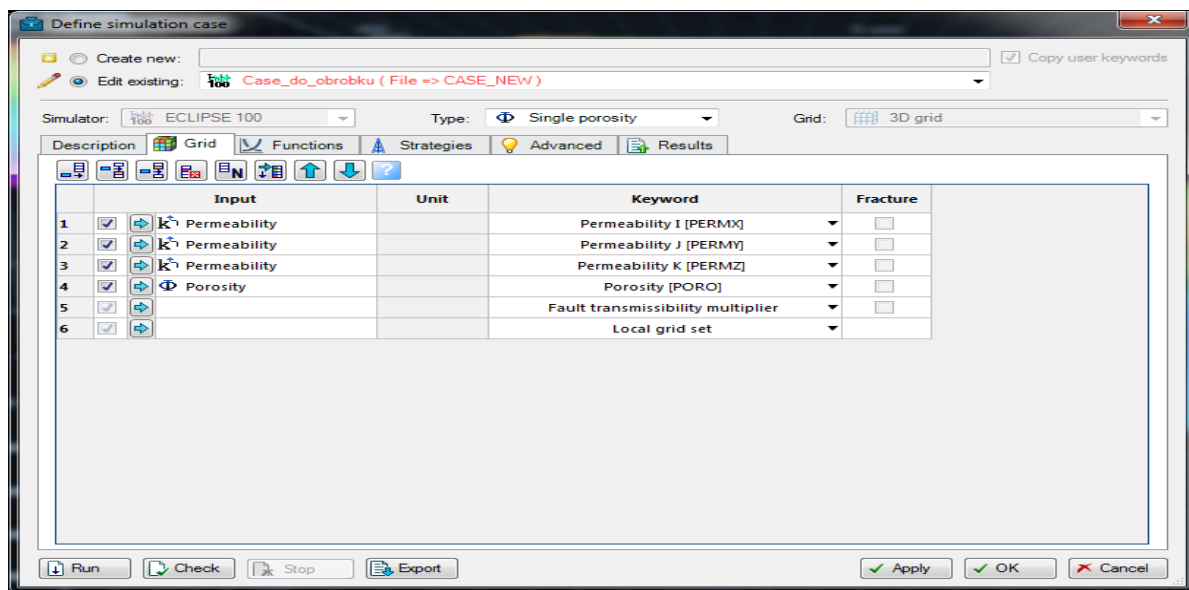


Рис. 12. Вибір параметрів симуляції

Наступним кроком переходимо на вкладку Functions та задаємо тип симуляції та обираємо модель чорної нафти адже в нашій системі є тільки два елементи (газ, вода). Задаємо позицію ГВК і переходимо до наступної вкладки.

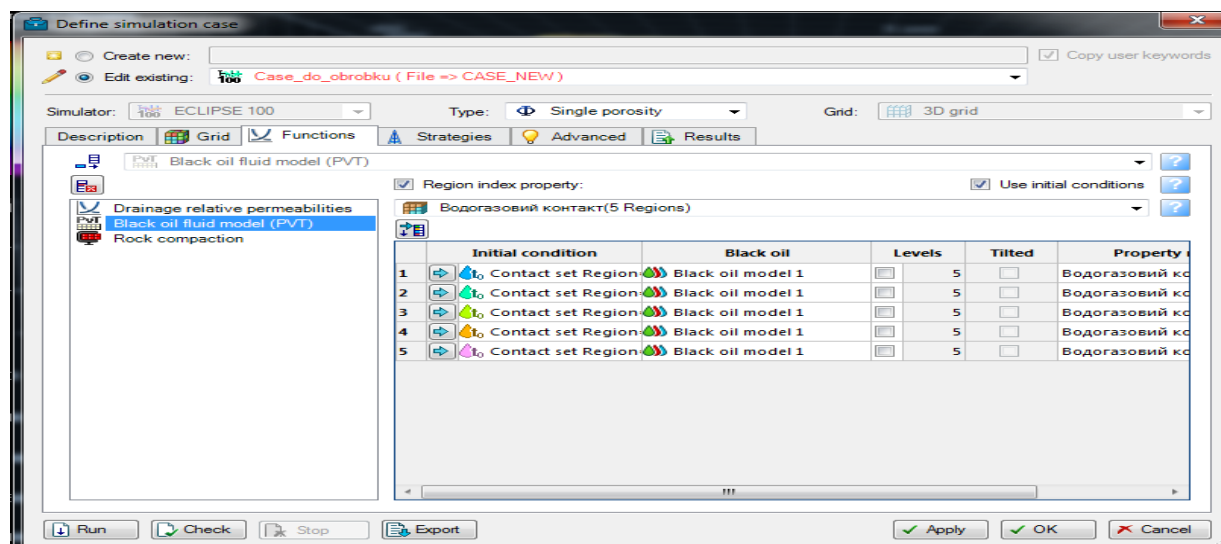


Рис. 13. Задання ГВК і типу моделі

Після цього переходимо на вкладку Strategies і задаємо вже створену нами стратегію розробки покладу.

Це дозволяє нам вибрати одну або декілька стратегій розробки покладу, в тому числі для різних свердловин і різних умов.

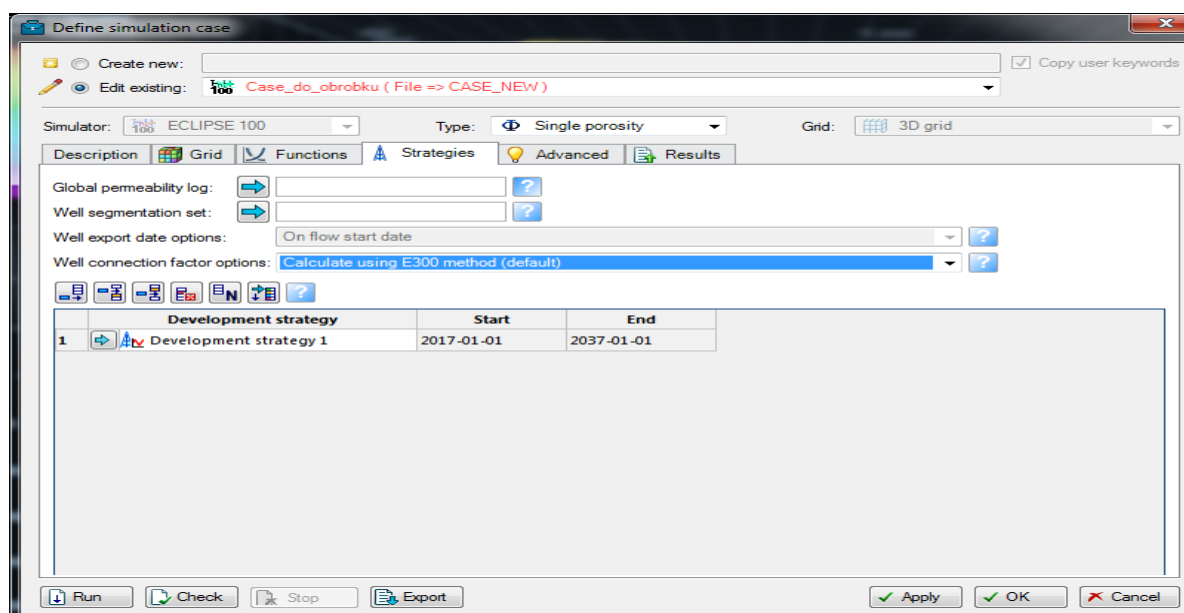


Рис. 14. Вибір стратегії розробки

Завершальним етапом в створенні симуляції розробки даного покладу є вибір і виведення потрібних результатів симуляції. На цьому етапі основним завданням є видобуток з даного покладу газу.

На рис. зображений накопичений видобуток газу з вже існуючих свердловин Любешівського родовища.

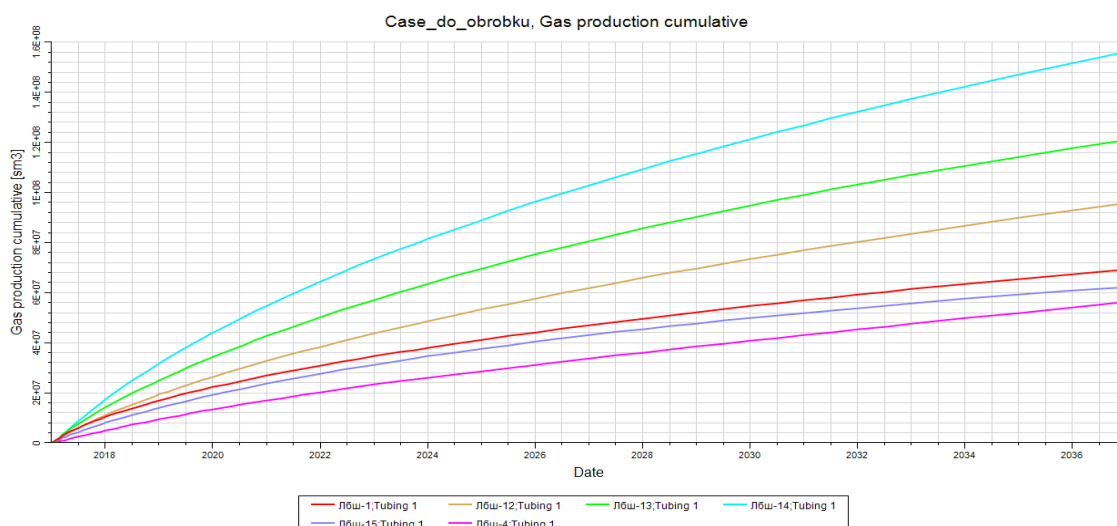


Рис. 15. Накопичений видобуток газу з існуючих свердловин

Далі слід визначити місце з найбільшою залишковою газонасиченістю і змоделювати нову свердловину задля максимального вилучення газу з

змодельованого покладу. Перш за все визначимо місце з найбільшою газонасиченістю.

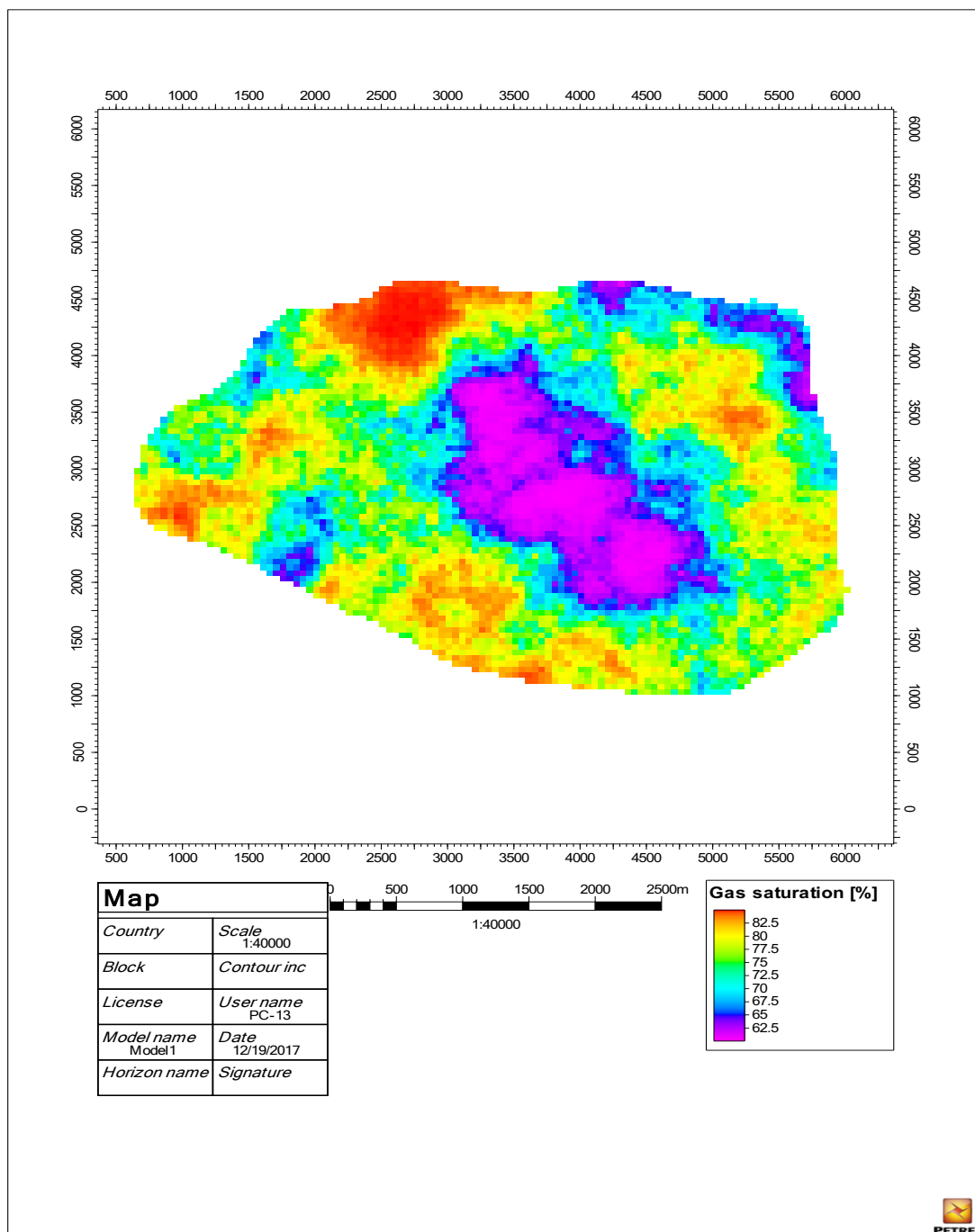


Рис. 16. Карта газонасиченості пласта

Як бачимо найбільша газонасиченість припадає на точку з приблизними координатами $X = 2782$; $Y = 4346$.

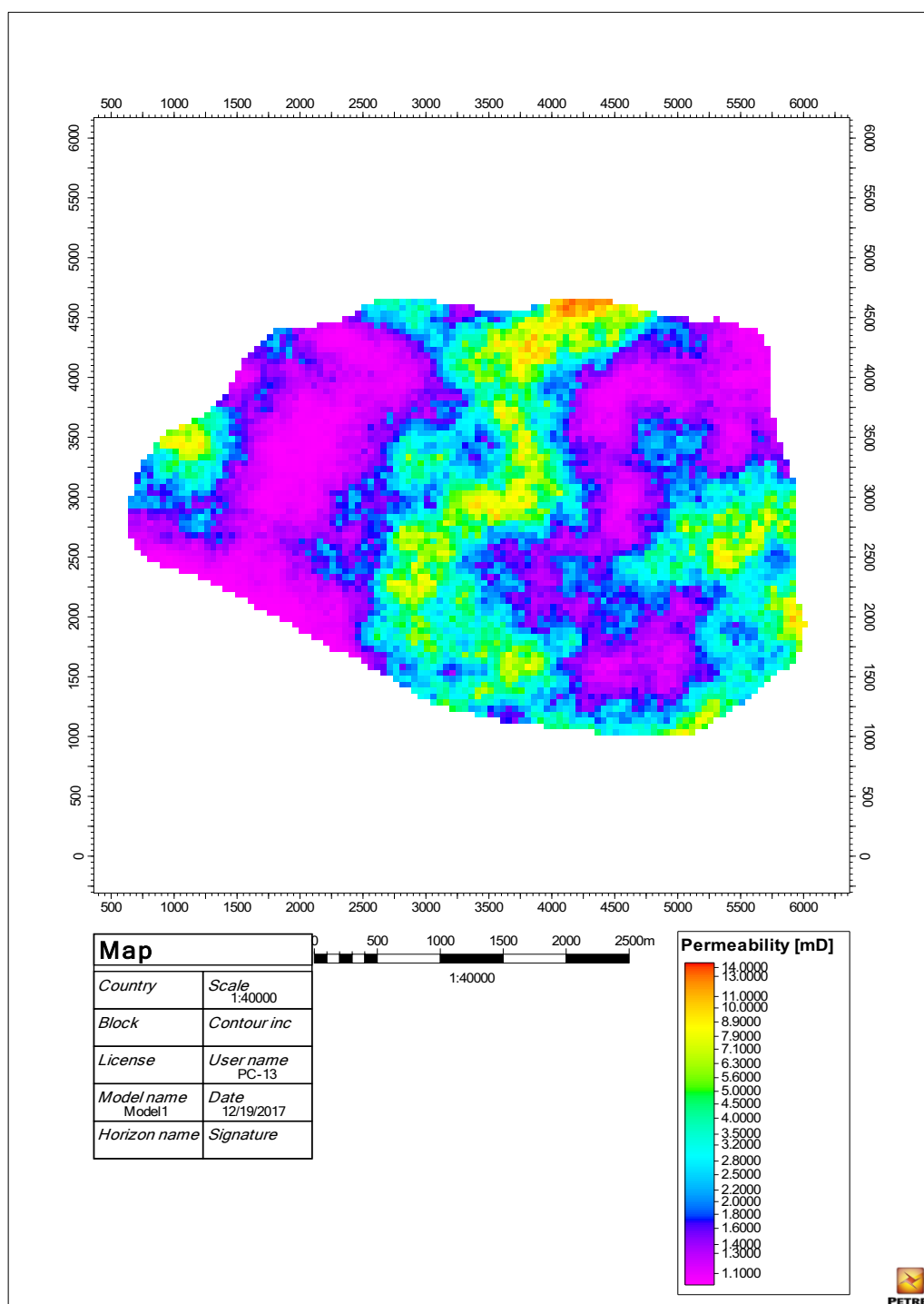


Рис. 17. Карта проникності пласта

Але в цій зоні гірша проникність колектору, що не дасть максимального припливу газу до свердловини, тому необхідно обрати оптимальне місцезнаходження свердловини. Обираємо місце з

координатами $X = 2959.71$; $Y = 4384.03$; адже в ньому оптимально високі газонасиченість і проникність покладу.

Подальші кроки повторюємо як при створенні стратегії розробки покладу та створенні симуляції розробки покладу.

Отриманий результат накопиченого видобутку газу з нової свердловини показані на рис. 18.

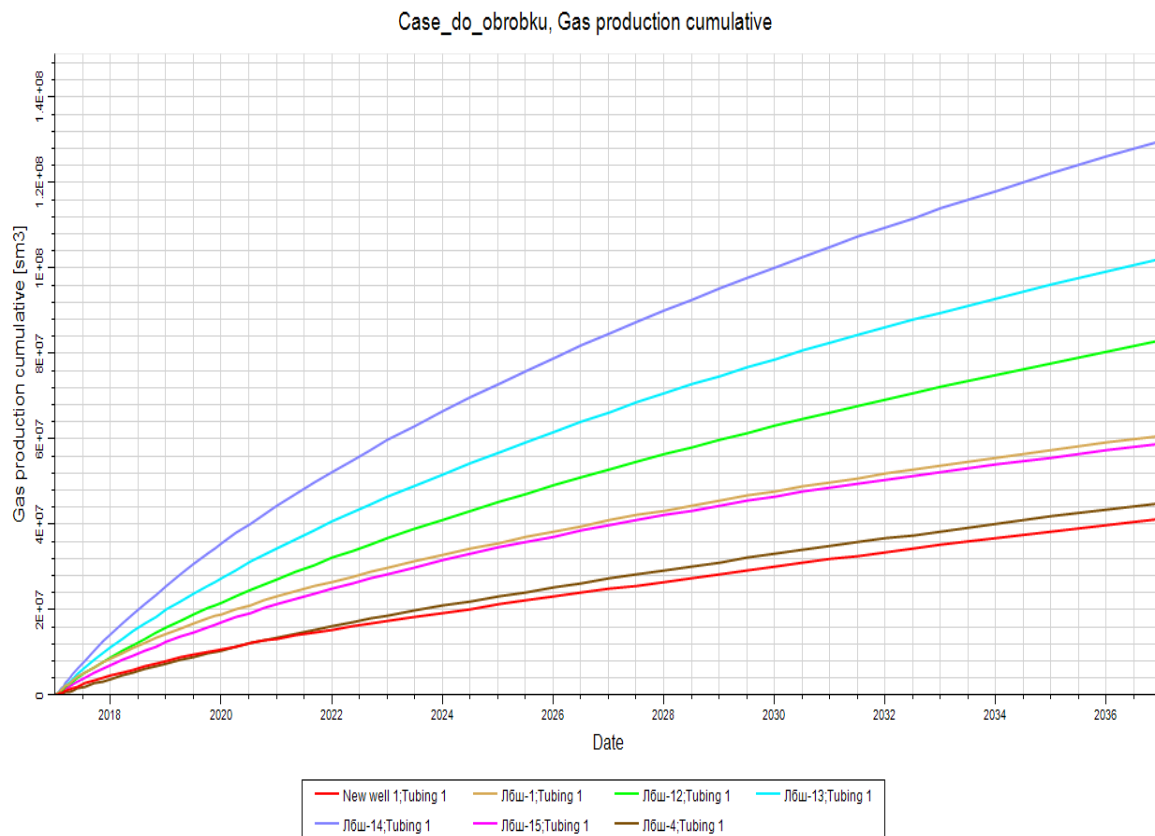


Рис. 18. Накопичений видобуток газу із змодельованої свердловини

Горизонтальне розкриття пласта забезпечує більший приплив газу до свердловини. На родовищах України буріння похило-скерованих і горизонтальних свердловин на родовищах України є досить складним техніко-технологічним завданням [8].

В даній роботі спробуємо змоделювати похилоскеровану свердловину свердловину в місці з координатами $X = 2959.71$; $Y = 4384.03$, в якому оптимально високі газонасиченість і проникність покладу.

На тривимірній моделі похилоскерована свердловина матиме такий ВИГЛЯД.

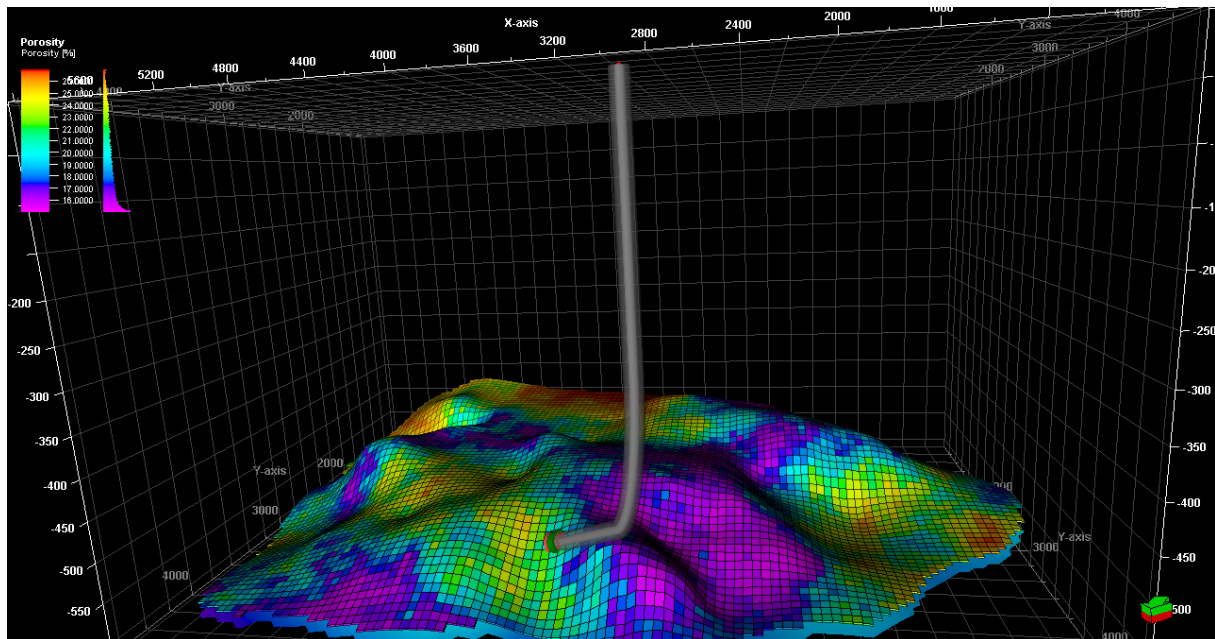


Рис. 19. Похилоскерована свердловина з горизонтальним розкриттям пласта

Після проведення симуляції розробки ми отримаємо дані щодо видобутку газу з свердловини, що зображені на рис. 19.

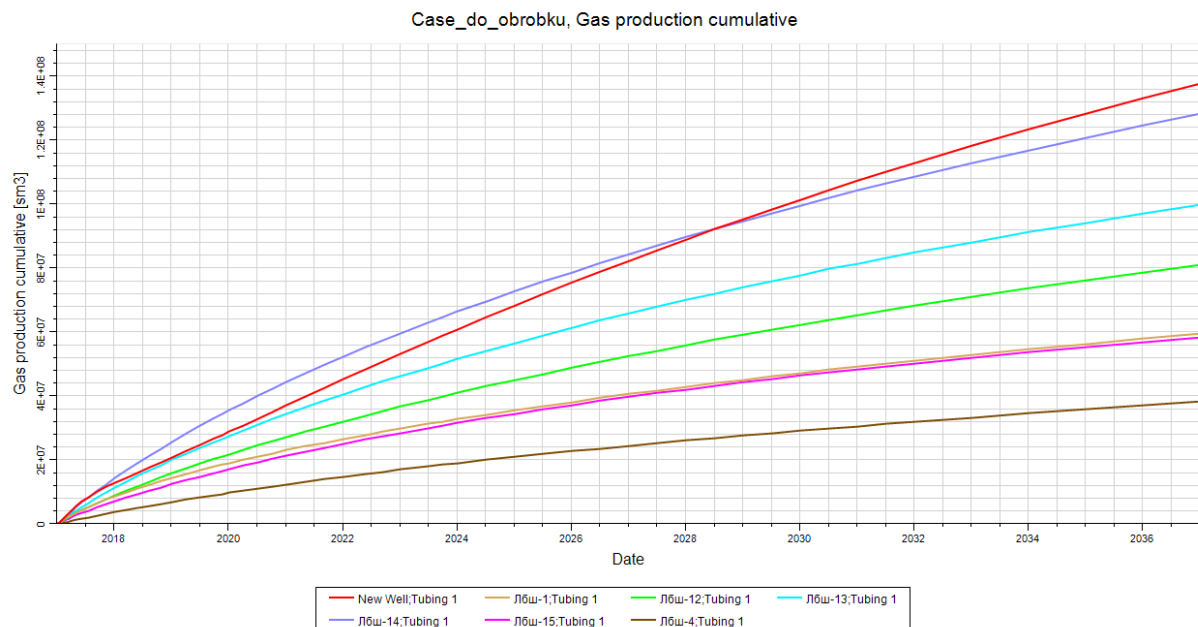


Рис. 20. Накопичений видобуток газу з похило скерованої свердловини

Як видно з рис. 19 накопичений видобуток газу з змодельованої похилоскерованої свердловини значно більший, ніж з тої, яка була спроектована в під час визначення зони для створення оптимальної свердловини. Це означає, що в даному випадку горизонтальне розкриття пласта значно збільшить видобуток газу, та забезпечить краще винесення газу з породи – колектора.

Висновки. Використання програми Petrel для моделювання геологічних і інженерних параметрів газового родовища дозволяє отримати детальну та точну картину покладу, що забезпечує можливість більш ефективного планування розробки та оптимізації видобутку газу.

Моделювання в Petrel показало, що ключові параметри, такі як пористість, проникність, насичення газом та структура покладу, суттєво впливають на ефективність газовилучення. Оптимізація цих параметрів є критично важливою для підвищення продуктивності родовища.

Результати симуляцій вказують на те, що впровадження різних методів підвищення газовилучення, таких як газовий закачування або зміна технології видобутку, може суттєво підвищити коефіцієнт відновлення газу.

Симуляція підтвердила, що гідродинамічні умови, такі як тиск і температура в покладі, впливають на ефективність газовилучення. Це підкреслює важливість регулярного моніторингу і коригування параметрів розробки відповідно до змін у покладі.

Для досягнення оптимальних результатів необхідно продовжити дослідження і вдосконалення моделей, зокрема, шляхом інтеграції нових даних і технологій, а також аналізу різних сценаріїв розробки.

Література

1. Акульшин О.І, Акульшин О.О., Бойко В.О., Дорошенко В.М., Зарубін Ю.О. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу: навч. пос. Івано-Франківськ: Факел, 2003. 434 с.

2. Бурачок О., Першин Д., Матківський С., Кондрат О. Дослідження межі застосування РVT-моделі «чорної нафти» для моделювання газоконденсатних покладів. Мінеральні ресурси України. 2020. № 2. С. 43-48. doi: <https://doi.org/10.31996/mru.2020.2.43-48>.

3. Введенська М.М, Петровський Д.Л. Паспорт на Любешівське родовище структуру підготовлену до глибокого буріння на нафту і газ. Львів, 1994 р. Фонди ГПУ «Львівгазвидобування».

4. Година Ю.М. Проект пошукового буріння на Любешівській площі. Львів, 1995. Фонди ГПУ «Львівгазвидобування». URL: http://info-neft.ru/index.php?action=full_article&id=471 (дата звернення: 01.08.2024).

5. Кондрат О. Р., Шишкіна Д. О. Підвищення конденсатовилучення з виснажених газоконденсатних родовищ. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2018. № 4. С. 23-36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rnng_2018_4_4 (дата звернення: 01.08.2024).

6. Кунцяк Р. Я. Удосконалення технології буріння похило-скерованих та горизонтальних свердловин в нестійких породах (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини): дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.15.06 "Розробка нафтовх та газових родовищ". Івано-Франківськ, 2011. 173 с. С. 161-173. URL: <https://www.library.nung.edu.ua/kuntsyak-roman-yaroslavovich.html> (дата звернення: 01.08.2024).

7. Кунцяк Я.В, Кунцяк Р.Я. Особливості буріння горизонтальних свєдлвин у зонах залягання нестійких гірських порід. *Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2010. № 1(23). С. 38-46. URL: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/2047/1/1068p.pdf> (дата звернення: 01.08.2024).