

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фундаментальної та прикладної геології

*До захисту допущено
кафедрою фундаментальної та прикладної геології
протокол № _____ від _____*

завідувач кафедри _____ Вячеслав ПЕТИК

« ____ » _____ 2025 р.

Кваліфікаційна робота
здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти

**ГЕОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЛИШІВСЬКОГО ПІДЗЕМНОГО
СХОВИЩА ГАЗУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність (спеціалізація) 103. Науки про Землю

Освітня програма Геологія нафти і газу

Виконавець _____ Дмитро ЯНЧЕНКО

Науковий керівник _____ Сергій ГОРЯЙНОВ

Харків – 2025

ЯНЧЕНКО Д. О. Кваліфікаційна робота магістра з теми «Геологічне моделювання Олишівського підземного сховища газу для прогнозування перспектив експлуатації». Загальна кількість сторінок – 76, рисунків – 28, таблиць – 1, використаних джерел – 36.

Матеріали для кваліфікаційної роботи зібрані під час роботи в ТОВ «ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ». Об'єкт дослідження – Олишівське ПСГ. Мета роботи – Геологічне моделювання Олишівського ПСГ, прогнозування варіантів експлуатації сховища в майбутньому. Для виконання роботи застосовувались різні методи аналізу наявної геологічної інформації, обробки результатів ГДС, створення картографічних матеріалів та 3D моделей. Під час виконання роботи проведено аналіз наявної геологічної інформації стосовно Олишівського ПСГ. Виконано побудову структурних карт покрівлі та підшви пласта-колектора, його ізопахіт та параметрів (середньозважена пористість та проникність), наведено характеристику експлуатації ПСГ при максимальних та мінімальних об'ємах активного газу, проаналізовано варіанти використання сховища та наведені найбільш перспективні варіанти, відповідно до отриманих даних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПІДЗЕМНЕ СХОВИЩЕ ГАЗУ, ПОРИСТІСТЬ, ПРОНИКНІСТЬ, ЛІТОЛОГІЯ, АНТИКЛІНАЛЬ, ВОДОНАПІРНА СИСТЕМА, ПЛАСТОВИЙ ТИСК, МОДЕЛЮВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ТЕРИТОРІЇ.....	10
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАЙОН ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
2.1. Фізико-географічні умови	13
2.2. Геологічні умови	16
2.2.1. Стратиграфія.....	16
2.2.2. Тектоніка	20
2.2.3. Гідрогеологія	23
2.2.4. Геоморфологія.....	24
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	25
3.1. Методика аналізу геофізичних матеріалів	25
3.2. Методика складання картографічних матеріалів.....	28
3.3. Методика 3D-моделювання	29
3.4. Методика створення геологічних розрізів та стратиграфічної колонки ..	32
РОЗДІЛ 4. ГЕОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЛИШІВСЬКОГО ПСГ	33
4.1 Аналіз картографічного матеріалу та геологічних розрізів.....	35
4.2 Аналіз результатів моделювання.....	43
4.3 Характеристика процесів експлуатації ПСГ у минулому та їх зміни	53
4.4. Аналіз варіантів використання газосховища	59
4.4.1. Продовження експлуатації в якості підземного сховища газу.....	59
4.4.2. Зберігання водню	60
4.4.3. Зберігання вуглекислого газу	62
4.4.4. Зберігання гелію	64

4.4.5. Зберігання азоту	65
4.4.6. Ліквідація	66
4.5. Прогнозування перспектив експлуатації	67
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

СПИСОК РИСУНКІВ

Рисунок 2.1 – Оглядова карта району досліджень.....	15
Рисунок 2.2 – Стратиграфічна колонка Олишівського ПСГ	19
Рисунок 2.3 – Карта-схема розташування Олишівської, Красилівської та Хрещатинської антиклінальних структур Масштаб 1:50 000	22
Рисунок 3.1 – Загальний вигляд планшету ГДС	27
Рисунок 3.2 – Метод інтерполяції для створення картографічних матеріалів ...	29
Рисунок 3.3 – Створення 3D поверхонь TIN.....	30
Рисунок 3.4 – Метод 3D інтерполяції	31
Рисунок 4.1 – Оглядова карта Олишівського ПСГ	34
Рисунок 4.2 – Структурна карта покрівлі пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000	36
Рисунок 4.3 – Структурна карта підосви пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000	37
Рисунок 4.4 – Карта ізопакіт пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000	38
Рисунок 4.5 – Карта середньозваженої пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000.....	39
Рисунок 4.6 – Карта середньозваженої проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000.....	40

Рисунок 4.7 – Схематичний поздовжній геологічний розріз Олишівського ПСГ	41
Рисунок 4.8 – Схематичний поперечний геологічний розріз Олишівського ПСГ	42
Рисунок 4.9 – Модель літології пласта-колектора Олишівського ПСГ	45
Рисунок 4.10 – Діагональний розріз моделі літології пласта-колектора Олишівського ПСГ	46
Рисунок 4.11 – Модель пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ	47
Рисунок 4.12 – Діагональний розріз моделі пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ	48
Рисунок 4.13 – Модель проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ	49
Рисунок 4.14 – Діагональний розріз моделі проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ	50
Рисунок 4.15 – Неоднорідність значень проникності на південно-західному крилі Олишівської структури.....	51
Рисунок 4.16 – Неоднорідність значень проникності на південно-східному крилі Олишівської структури.....	52
Рисунок 4.17 – Карта розміщення ізобар при мінімальних об’ємах активного газу на Олишівському ПСГ	55
Рисунок 4.18 – Карта розміщення ізобар при максимальних об’ємах активного газу на Олишівському ПСГ	56
Рисунок 4.19 – Карта відношення фактичних пластових тисків до нормальних гідростатичних при мінімальних об’ємах активного газу на Олишівському ПСГ	57

Рисунок 4.20 – Карта відношення фактичних пластових тисків до нормальних гідростатичних при максимальних об’ємах активного газу на Олишівському ПСГ	58
Рисунок 4.21 – Діаграма Пайпера пластових вод пласта-колектора Олишівського ПСГ	70

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 4.1 – Порівняння варіантів зберігання газових речовин в Олишівському ПСГ	68
--	----

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПСГ – підземне сховище газу

ПК – пласт-колектор

ДДА – Дніпровсько-Донецький авлакоген

ГК – гамма-каротаж

ПС – каротаж потенціалів самочинної поляризації

НГК – нейтронний гамма-каротаж

БКЗ – бокове каротажне зондування

ПЗ – програмне забезпечення

БД – база даних

ВСТУП

Матеріали до дипломної роботи були зібрані під час роботи у ТОВ «ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ».

Олишівське підземне сховище газу (ПСГ) розташоване в північно-східній частині України на території Чернігівського району Чернігівської області. Поруч з об'єктом знаходяться населені пункти Красилівка, Гальчин, Хрещате, в межах ліцензійної ділянки частково розташоване смт. Олишівка. Газосховище знаходиться за 110 км від міста Київ та за 30 км від міста Чернігів.

Актуальність дослідження полягає у потребі прогнозування варіантів використання газосховища, відповідно до нинішніх особливостей експлуатації Олишівського ПСГ, яке є одним з десяти на підконтрольній території і в яке активних процесів нагнітання газу протягом останніх років не відбувалось.

Матеріали дослідження були зібрані під час роботи у ТОВ «ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ», ними слугували дані звітів, бібліографічних матеріалів, статті в наукових журналах тощо.

Метою роботи є геологічне моделювання Олишівського ПСГ, розрахунок та аналіз параметрів пласту-колектору, встановлення варіантів експлуатації Олишівського ПСГ в майбутньому.

Для даної роботи були поставлені наступні **завдання**:

- Проаналізувати наявні геологічні та геофізичні дані по свердловинах Олишівського ПСГ
- Систематизувати та доінтерпретувати геофізичні дані для встановлення літології, пористості, проникності пластів, особливо пласту-колектору.
- Побудова відповідних структурних карт покрівлі та підшови пласту-колектору, пластів-покришок
- Побудова 3D моделі Олишівського ПСГ
- Аналіз отриманих результатів моделювання
- Аналіз процесів експлуатації ПСГ в минулому

- Аналіз інших варіантів використання газосховища
- Прогнозування найбільш доцільних шляхів експлуатації ПСГ

Об'єктом дослідження є Олишівське ПСГ та геологічна будова Олишівського ПСГ

Предмет дослідження – експлуатаційні можливості Олишівського ПСГ, які витікають з його геологічної будови.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в систематизації наявних даних, створенні основних картографічних матеріалів та моделі підземного сховища газу, визначенні на основі отриманих та проаналізованих даних шляхів використання об'єкту.

РОЗДІЛ 1

ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ТА НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ТЕРИТОРІЇ

Використання ПСГ є вкрай важливим для постачання і транспортування газу. Вони дають змогу регулювати постачання газу відповідно до його споживання (зимою споживання газу вище, влітку значно менше), для запобігання газових і грошових втрат, ПСГ важливі для транзиту постачання газу. Початком підземного зберігання газу в Україні прийнято вважати 25 травня 1964 року, коли розпочато дослідно-промислове закачування газу в бат-байоський водоносний горизонт Олишівської антиклінальної структури з метою створення в ньому підземного сховища газу.

Всього в Україні існує 13 ПСГ (з них на підконтрольній території – 10), більшість з яких створені на базі виснажених газових родовищ, але існує 2 ПСГ, які створено в водоносних пластах антиклінальних структур (Олишівське та Червонопартизанське) без колишньої газонасності. За географічним розташуванням ПСГ поділяються на західний комплекс (Більче-Волицько-Угерське, Угерське, Опарське, Дашавське і Богородчанське), центральний комплекс (Олишівське, Червонопартизанське, Солохівське, Кегичівське), східний комплекс (Краснопопівське, Вергунське), південний комплекс (Пролетарське, Глібівське) [1,2].

Олишівське підземне сховище газу (ПСГ) є одним з перших об'єктів такого типу в Україні, створеним на базі водоносної структури в Чернігівській області. Воно розташоване в центральній частині Дніпровсько-Донецького басейну, у мезозойських юрських відкладах (бат-байоський водоносний горизонт). Ця структура була обрана для створення ПСГ завдяки простій геологічній будові та вигідному географічному положенню вздовж магістрального газопроводу Дашава – Київ – Брянськ – Москва. Історія вивчення території охоплює періоди розвідки, створення та експлуатації, з акцентом на геологічні дослідження та оцінку нафтогазоносності.

Пошуки сприятливих структур для створення підземних сховищ газу для забезпечення газопостачання Києва розпочалися у 1955 році. Геологорозвідувальні роботи включали аналіз геологічної будови потенційних об'єктів у Чернігівській області. Було виділено Олишівську та Червонопартизанську структури через їхню простоту та зручне розташування. Розвідка включала сейсмічні дослідження, буріння свердловин, відбір керну тощо. Ці роботи підтвердили водоносний характер пласта та його придатність для зберігання газу. Нафтогазоносність території оцінювалась як низька, без значних покладів вуглеводнів, що робило її ідеальною для ПСГ на базі водоносного пласта [3,4].

Створення Олишівського ПСГ розпочалося в 1960-х роках. Дослідно-промислове нагнітання газу стартувало 25 травня 1964 року, що вважається офіційною датою введення в експлуатацію першого підземного сховища газу в Україні. У 1966 році об'єм закачаного газу перевищив проектний у 1,5 раза, а в сезоні відбирання 1966/1967 років вдалося відібрати 50% проектного активного газу. ПСГ було частиною Київського комплексу підземного зберігання газу, разом із Червонопартизанським ПСГ, і призначалося для сезонного регулювання газопостачання Києва та прилеглих регіонів. Загальний об'єм газу становить 660 млн м³, активний – 315 млн м³ (або 310 млн м³ за іншими даними), буферний – 345 млн м³ [3,4].

На етапі створення ПСГ у 1964 році було виявлено, що внаслідок прискореного закачування газу у водоносний пласт, частину газу було закачано за межі проектної пастки. Причиною розтікання газу по площі могла бути анізотропія проникності пласта, яка перешкоджала формуванню газового покладу по всій його товщині. Це спричинило ситуацію, коли в процесі закачування газу відбувається витіснення води не по всій товщині пласта (фронтом), а по окремих найбільш проникних пропластках, і при викачуванні газу проходить інтенсивне обводнення газового покладу в тому числі заземлення значних обсягів газу, що в кінцевому випадку призвело до практичної зупинки експлуатації ПСГ [11].

Геологічні дослідження Олишівської структури проводилися в кілька етапів. У 1965 році було підготовлено звіт "Геоінформу" №25349, який аналізував експериментальне нагнітання газу та технологічні схеми для промислового закачування в бат-байоський резервуар. Дослідження виявили проблему розтікання газу під покрівлею за межі проектного контуру, що було вирішено шляхом закачування газу через нагнітальні свердловини в нижню підгазову частину пласта, під газо-водняний контакт. Пізніші дослідження в рамках проектів ESTMAP та Hystories (EU Horizon 2020) оцінили потенціал для зберігання водню (H_2) та CO_2 . Ці студії включали сейсмічні дані, каротаж свердловин та аналіз кернів, підтвердивши придатність структури для зберігання газу завдяки високому співвідношенню активного до загального об'єму (до 47%). [3,4]

Експлуатація Олишівського ПСГ розпочалася з будівництва компресорної станції та підключення 18 нагнітальних свердловин (загальна кількість виробничих свердловин – 40). Основні проблеми включали значне винесення піску під час відбирання газу, що вимагало впровадження протипіскових фільтрів, хімічної обробки привибійної зони для закріплення піску та використання поверхнево-активних речовин (ПАР) для ліквідації піщаних пробок. Олишівське ПСГ забезпечує надійність газопостачання, будучи частиною центрального комплексу ПСГ України, який становить 12,2% загального робочого об'єму газу країни. У контексті сучасних викликів, таких як енергетична безпека Європи, Олишівське ПСГ розглядається як потенційний об'єкт для зберігання альтернативних енергоносіїв [3,4].

Відповідно до діючих нормативних документів, на підземних сховищах газу проводяться гідрогеологічні та газогеохімічні роботи з моніторингу їх експлуатації, що полягають в обстеженні п'єзометричних, контрольних, газових спостережних та експлуатаційних свердловин, вимірах рівня рідини, розрахунку пластових/гідростатичних тисків, відборі проб води та газу, проведення їх хімічного аналізу, газогеохімічне випробування для підтвердження герметичності пластів-покришок та відсутності латеральних та вертикальних витоків газу за межі структури. Нині дані роботи проводяться силами ТОВ «ГЕОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ».

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАЙОН ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Фізико-географічні умови

Адміністративно Олишівське ПСГ розташоване приблизно на 1,5 км на південний захід від села Олишівка (населення 1794 осіб), на 3,5 км на південний схід від села Топчіївка (населення 335 осіб) і на 3,7 км на схід від села Красилівка (населення 684 особи) у Чернігівському районі Чернігівської області, на адміністративному кордоні з Ніжинським районом Чернігівської області. У безпосередній близькості до ПСГ (у радіусі 10км) розташовані села Олишівка, Коростень, Гальчин, Хрещате, Новий Шлях, Шпаків, Красилівка, Топчіївка, Серединка, Красне, річки Молофа та Смолянка (рисунок 2.1). На відстані 15 км на північний захід протікає ріка Десна.

Інфраструктура прилеглої місцевості представлена трасами Е95 (Київ-Чернігів), Е101 (Кіпті-Глухів) та великою кількістю менших, переважно ґрунтових, доріг.

В географо-економічному плані на досліджуваній ділянці переважає сільськогосподарська діяльність. Досить розвинуте скотарство і садівництво.

Абсолютні відмітки поверхні ділянки становлять від 110 до 123 м.

Річкова мережа належить до басейну ріки Десна, яка в свою чергу є частиною басейну Дніпра, вона переважно представлена численними малими річками, Десна протікає на крайньому північному заході. Тут розташована досить значна кількість ставків і озер, які в більшості випадків є дрібними за розміром, розташовані рівномірно по всій території. Місцями територія сильно заболочена. В долині ріки Десна розповсюдженими є озера-стариці. Значного поширення набули різні дренажні канали. Долини річок в більшості своїй мають більш крутий правий берег і більш пологий лівий. Русла деяких річок направлені у штучно створені канали. Живлення річок є переважно сніговим і дощовим,

частка підземного живлення значно зростає влітку. Безпосередньо поблизу газосховища протікають річки Молофа та Смолянка.

Клімат Чернігівщини помірно-континентальний, м'який, достатньо вологий. Зима малосніжна, порівняно тепла, літо тепле й помірно вологе. Середньорічна температура повітря 6-8°C, з тенденцією до підвищення, особливо взимку. Середня температура січня: -6...-7°C, липня: +19...+20°C. Абсолютний максимум +41,4°C (серпень 2010), мінімум -40,2°C (січень 1987). Період з температурою нижче 0°C триває 104-119 днів, вище 0°C – 246-261 день. Сніговий покрив (8-16 см) утворюється в листопаді-грудні. Опадів випадає 594-676 мм на рік, максимум у червні-липні, мінімум у січні-березні [15]. Переважають західні та південні вітри, взимку – південно-західні, влітку – західні та північно-західні. Відносна вологість повітря 75-80 %, найнижча (50-70 %) у липні-серпні, найвища (80-95 %) взимку. небезпечні явища: сильний вітер, хуртовини, ожеледь, тумани взимку; сильні опади, грози, град влітку. Район Олишівського ПСГ розташований на межі лісостепу та мішаних лісів [5].

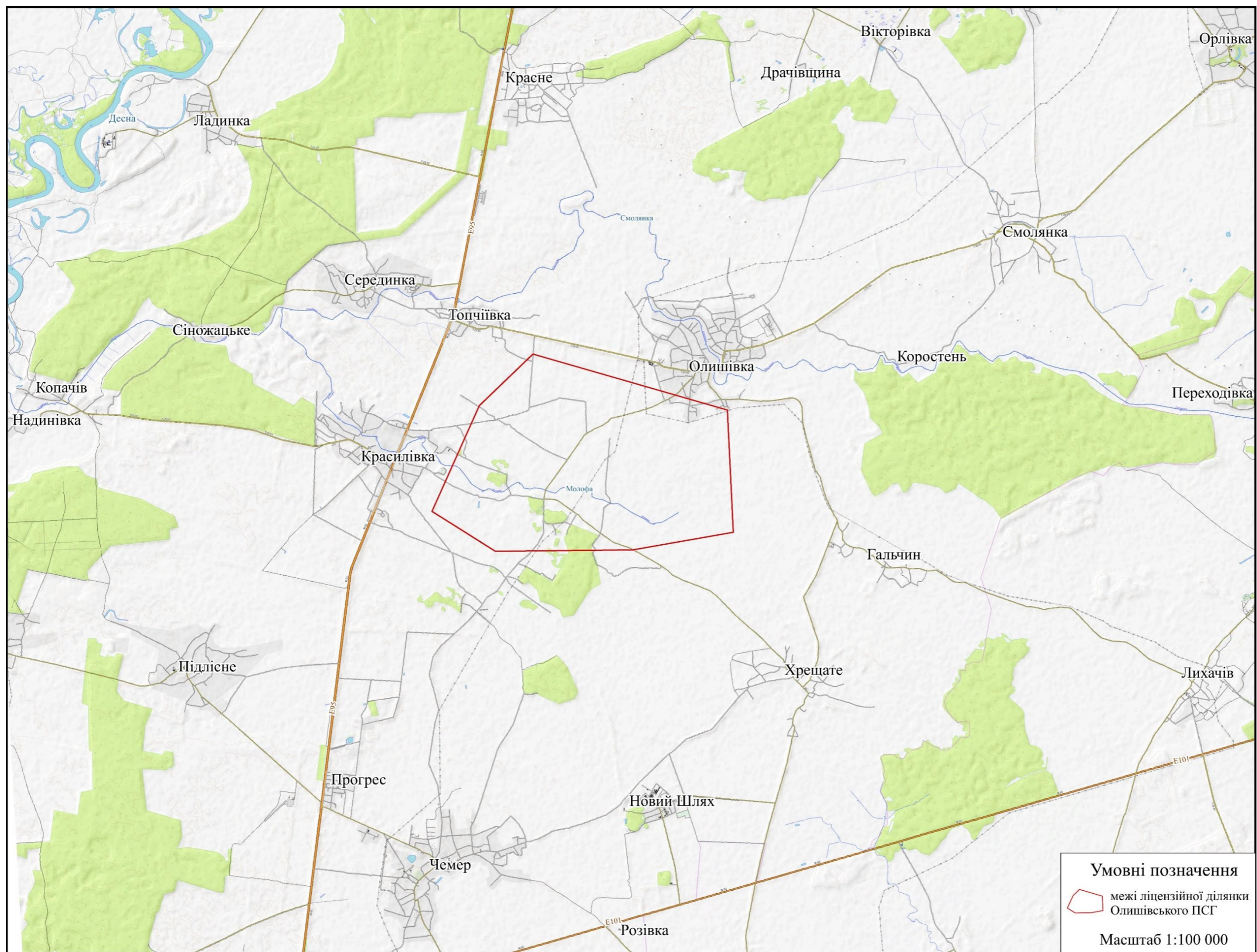


Рисунок 2.1 – Оглядова карта району досліджень

2.2. Геологічні умови

2.2.1. Стратиграфія

Опис стратиграфії складається з даних безпосередньо для Олишівської структури, отриманих під час або після буріння свердловин [6,7] на основі стратиграфічного кодексу [8,9]. За результатами аналізу стратиграфії була складена стратиграфічна колонка Олишівського ПСГ (рисунок 2.2).

Мезозойська ератема (MZ)

Представлена відкладами тріасу, юри та крейди.

Тріасова система (T)

Свердловинами ПСГ розкрита у верхній частині, тому представлена лише верхнім відділом, глинською світою, що складена безкарбонатними глинами з прошарками пісковиків та алевролітів. Розкрита потужність до 20м.

Юрська система (J)

Відклади юри зі стратиграфічною незгідністю залягають на породах тріасу. Представлена середнім та верхнім відділами.

Середньоюрський відділ (J_2)

Складений відкладами байоського та батського віку.

Байоський ярус (J_2^b)

Складений глинами та в основному глинистими пісковиками. Літологічний склад невитриманий по товщині та простяганню, в основі підрозділу виділяється прошарок різнозернистого піску. Товщина ярусу до 15м.

Батський ярус (J_2^{bt})

Представлений нижньобатським ($J_2^{bt_1}$) та верхньобатським ($J_2^{bt_2}$) під'ярусами.

Нижньобатський ($J_2^{bt_1}$) під'ярус

Складений двома пачками, де нижня – нашарування пісків, що подекуди є слабкоглинистими. Потужність шару до 20м. Дана пачка є пластом-

колектором Олишівського ПСГ. Верхня пачка – одноманітна товща глин до 20м товщини.

Верхньобатський (J_2^{bt}) під'ярус

Представлений товщею глин та глинистих алевролітів. Разом із верхньою пачкою нижньобатського під'ярусу утворює пласт-покришку для колектора ПСГ. Потужність товщі до 40м.

Верхньоюрський відділ (J_3)

Представлений відкладами келовейського та оксфордського віку.

Келовейський ярус (J_3^k)

Нижня частина відкладів цього віку складена одноманітною товщею глин та алевролітів, середня та верхня – перешарування глин, вапняків, алевритів, вапняків та мергелів, де у верхній частині переважають вапняки та глини. Товщина ярусу 50-55м.

Оксфордський ярус (J_3^o)

Відклади ярусу складені одноманітною товщею вапняків, мергелів та вапнистих глин з прошарками пісковиків. Потужність товщі 85-105м.

Крейдова система (К)

Породи цього віку залягають на розмитій поверхні юри (зі стратиграфічною незгідністю). В межах досліджуваної ділянки розділяється на нижній та верхній відділи.

Нижньокрейдовий відділ (K_1)

Нерозділений за ярусами і складений пісками, алевритами, глинами потужністю до 90м.

Верхньокрейдовий відділ (K_2)

Складений відкладами сеноманського віку та нерозчленованого туронсько-сантонського комплексу.

Сеноманський ярус (K_2^c)

Представлений перешаруванням мергелів, пісків та пісковиків. В основі підрозділу – різнозернисті кварц-глауконітові пісковики. Потужність товщі до 40м.

Турон-сантонський комплекс (K_2^{t-s})

Складений одноманітною товщею білої писальної крейди до 90м товщини.

Кайнозойська ератема (KZ)

Ератема представлена палеогеновою та четвертинною системами.

Палеогенова система (P)

Відклади даного віку незгідно залягають на верхньокрейдових. Представлена еоценом (P_2) та олігоценом (P_3). Товща складена кварцево-глауконітовими пісками з прошарками алевритистих глин. У верхній частині розрізу розкриті мергелі та кварцево-глауконітові алевроліти. Загальна потужність палеогенових відкладів коливається від 84 до 131 м.

Четвертинна система (Q)

Четвертинні відклади незгідно залягають на породах палеогенової системи. Виділений розріз складений пісками, супісками та суглинками потужністю до 15м. В розрізі приповерхневих відкладів домінують темно-сірі, бурувато-сірі, бурувато-жовті супіски, дрібнозернисті глинисті піски; суглинки мають різко підкорене значення, а сучасні чорноземні ґрунти майже не розвинені.

Ерагема	Система	Відділ	Ярус	Під'ярус, світла	Літологічна колонка	Потужність підрозділу, м	Короткий опис порід				
Кайнозойська KZ	Палеогенова P	Олігоцен P ₃		Обухівсько-межигірська P ₃ ^{1-2, об-мз}		до 15	Піски, супіски, суглинки				
						Еоцен P ₂	Канівська P ₂ ^{1ка}	20-25	Піски, іноді глинисті, у верхній частині зустрічаються прошарки алевролітів, пісковиків глинистих та глин. В основі залягає пласт глин		
								Бучацька P ₂ ^{2bc}	20-25	Верхня частина розрізу - піски та алевроліти кварц-глауконітові, іноді з лінзами пісковиків, потужність пачки 15-20м. Нижня частина - глини та піски глинисті, потужність шару 5-8м	
									Київська P ₂ ^{2kv}	40-45	Мергелі пухкі, у підшві записковані з рідкими включеннями фосфоритів
										35-40	Піски дрібнозернисті кварцово-глауконітові, місцями глинисті, алевроліти слюдисті, глини безкарбонатні
Мезозойська MZ	Крейдова K	Верхній K ₂	Туронський-сантонський K ₂ ^{ts}		до 90	Одноманітна товща білої писальної крейди з рідкими прошарками крейдоподібного мергелю. Іноді у підшві з прошарками алевролітів					
			Сеноманський K ₂ ^c		до 40	У верхній частині мергель щільний крейдоподібний зі стягненням фосфоритів. Нижня частина - перешарування пісків, пісковиків та мергелів. В основі підрозділу залягають різнозернисті кварц-глауконітові піски					
		Нижній K ₁			80-90	Верхня частина розрізу представлена різнозернистими пісками, алевритами, каоліновими глинами з прошарками пісків та пісковиків. Нижня частина - піщані, піщано-алеєвритові та алеєврито-глинисті утворення					
					Верхній J ₃	Окфордський J ₃ ^o	85-105	Одноманітна товща з переважанням вапняків, мергелів та вапнистих глин. Зустрічаються окремі прошарки глин та кварц-глауконітових пісковиків			
	Юрська J	Середній J ₂	Батський J ₂ ^{bt}	Верхньобатський J _{2,2} ^{bt}		до 40	Товща глин та алевролітів глинистих, зустрічаються малопотужні прошарки сидериту та алеєвритів				
				Нижньобатський J _{2,1} ^{bt}		до 40	Верхня частина під'ярусу - одноманітна товща глин потужністю до 15-20м. Разом із верхньобатськими глинами пласт утворює пласт-покришку колектора. Нижня частина під'ярусу - пачка пісків окремими інтервалами слабкоглинистих. Потужність до 20м. Пачка є пластом-колектором Олишівського ПСГ				
		Верхній T ₃	Байоський J ₂ ^b		до 15	Умовно виділені дві пачки: верхня - глини та пісковики сильно глинисті, нижня - піски та пісковики часто глинисті. Пачки невитримані по товщині та простяганням. В основі виділяється прошарок різнозернистого піску					
					Розкриття до 20	Глини безкарбонатні з малопотужними прошарками пісковиків та алеєвролітів					
	Триасова T	Верхній T ₃				до 20	Глини безкарбонатні з малопотужними прошарками пісковиків та алеєвролітів				

Рисунок 2.2 – Стратиграфічна колонка Олишівського ПСГ

2.2.2. Тектоніка

Олишівське підняття розташовується в північно-західній частині Дніпровсько-Донецького авлакогену (ДДА), який є рифтогенним басейном пізньодевонського віку, що переkritий пострифтовим прогином карбону – ранньої пермі. ДДА характеризується вираженою солянокупольною тектонікою, зумовленою рухом солі, що призводить до формування соляних куполів та штоків. Рифтогенез та галокінез визначають циклічний розвиток солянокупольних структур, з асинхронним формуванням у різні геологічні епохи, включаючи вплив на верхні шари, такі як юрські відклади [12,13].

Тектонічна структура в загальному плані поділяється на фундамент та осадовий чохол. Відповідно до цього, будову району можна поділити на 4 структурні поверхи, перший з них – докембрійський, являє собою кристалічний фундамент з магматичних і метаморфічних порід, другий і третій поверхи – герцинський і ларамійський, утворені процесами складкоутворення, що, відповідно, зруйнували палеозойський і мезозойський структурні поверхи та четвертий структурний поверх - кайнозойський, що є осадовим чохлам. Свердловинами Олишівського ПСГ розкрито лише кайнозойський та ларамійський структурні поверхи.

Докембрійський структурний поверх

Будова докембрійського кристалічного фундаменту і глибина його залягання в межах вказаних структур в основному встановлюється за даними сейсмозв'язки і визначається Дніпровсько-Донецькою западиною і схилами Українського щита, глибина його залягання коливається від 3000 до 4000 метрів. Складений архейською еонотемою. Склад гірських порід являє собою перехресні меланжі. Покрівля поверху характеризується численними блоками, розломами і западинами.

Герцинський структурний поверх

Даний структурний поверх складений палеозойськими відкладами, що заповнювали Дніпровсько-Донецьку западину. До нього відносяться девонські, кам'яновугільні і пермські відклади. Дані відклади пізніше зазнали процесів

герцинської складчастості, що й утворило саме герцинський структурний поверх. Залягає зі стратиграфічною і кутовою незгідністю на розмитій поверхні докембрійського фундаменту. Сverdловинами Олишівського ПСГ не розкритий.

Ларамійський структурний поверх

Поверх складений мезозойськими відкладами, що характеризувались платформною стадією осадо накопичення, але пізніше були зім'яті ларамійською складчастістю у складки, утворивши ларамійський структурний поверх. Олишівська антиклінальна структура утворена саме ларамійським Любецько-Переходівським насувом.

Структурно, Олишівське підняття з південного заходу відокремлюється слабким прогином від Красилівського підняття, з південного сходу відділена пологою сідловиною від меншого за розмірами Хрещатинського підняття, їх схематичне розташування зображене на рисунку 2.3, що складений за матеріалами минулих звітів з моніторингу експлуатації Олишівського ПСГ [36]. На північний захід розташоване Краснівське підняття [7].

Кайнозойський структурний поверх

Поверх є осадовим чохлам, що складений кайнозойськими відкладами. Шари залягають більш-менш горизонтально, поверх заповнюють подекуди значні зони розмиву ларамійського структурного поверху. Залягає з кутовою незгідністю на складчастому ларамійському поверсі.

Регіон входить до Чернігівсько-Брагінської нафтогазоносною області з історією розвідки з 1930-х років, але відповідно до щільності буріння, ступінь вивченості низький. Нині структура використовується як Олишівське підземне сховище газу (ПСГ) на базі водоносних горизонтів з високою пористістю та проникністю [14].

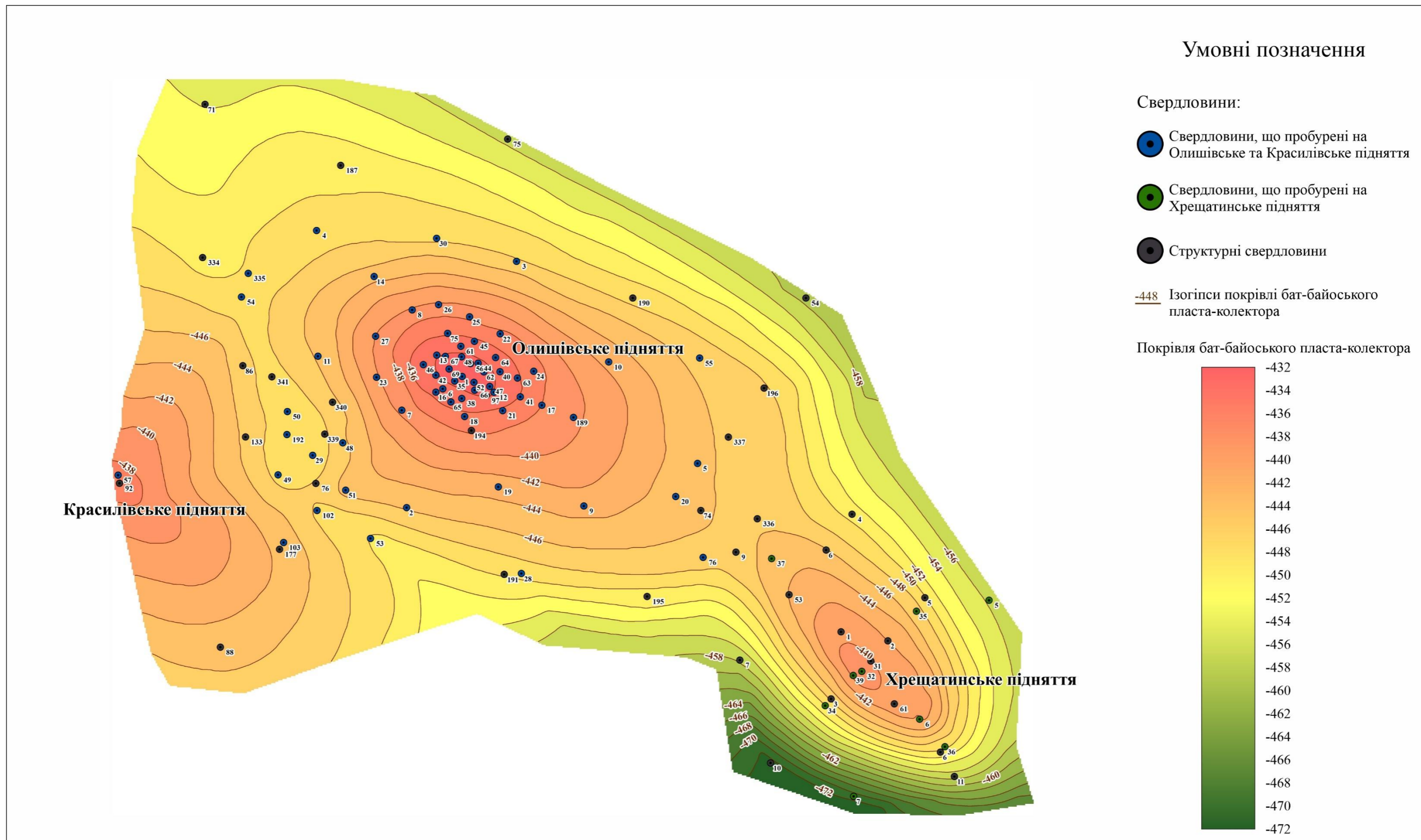


Рисунок 2.3 – Карта-схема розташування Олишівської, Красилівської та Хрещатинської антиклінальних структур Масштаб 1:50 000

2.2.3. Гідрогеологія

У районі Олишівського підняття поширені три напірних водоносних горизонтів – байосько-батський середньої юри, нижньооксфордський верхньої юри та нижньокрейдовий [10]. В алювіально-делювіальних відкладах четвертинного віку міститься безнапірний водоносний горизонт.

Води всіх перелічених горизонтів гідрокарбонатно-натрієвого типу. Різняться вони мінералізацією, вмістом окремих елементів та сполук, фізико-хімічними властивостями.

Байосько-батський водоносний горизонт міститься у дрібнозернистих алевритистих слабозцементованих пісковиках та алевролітах. Продуктивність свердловин коливається від 3,88 м³/добу до 300 м³/добу. Статичні рівні встановлюються на абсолютних відмітках +104 - +105 м. Мінералізація вод горизонту коливається в межах від 4,48 до 6,17 г/дм³. Густина 1,001 - 1,003 г/см³.

Нижньооксфордський водоносний горизонт приурочений до шару вапняків потужністю 5 м і характеризується гарною витриманістю по площі. Він залягає на 100 - 200 м вище байосько-батського пласта-колектора. Статичні рівні води нижньо-оксфордського горизонту встановлюються на відмітках +119,6 - +119,8 метрів. Мінералізація становить 3,1 - 3,9 г/дм³. Густина води 1,000 - 1,001 г/см³. Максимальні дебіти свердловин досягають 120 м³/добу.

Нижньокрейдовий водоносний горизонт міститься в потужному піщаному шарі нижньої крейди. Він характеризується витриманістю як по товщині, так і по площі. Розташовується горизонт, в середньому, на 100 м вище нижньо-оксфордського. Води мають мінералізацію 0,45 - 0,64 г/дм³, густину біля 0,998 г/см³. Статичні рівні в свердловинах встановлюються на абсолютних відмітках біля +116,5 м. Максимальний дебіт, отриманий при дослідних відкачках, становив 80 м³/добу при депресії на пласт 14 ат.

2.2.4. Геоморфологія

У геоморфологічному відношенні ліцензійна ділянка газосховища та прилегла територія знаходиться в межах другої надзаплавної тераси р. Десна [14]. Це майже плоска, вирівняна денудаційними процесами поверхня з абсолютними відмітками 115 – 119 м. У межах тераси спостерігаються залишки невеликих озер, котрі на нинішній час дуже заболочені. В районі Олишівського ПСГ тераса складена озерними, озерно-болотними, озерно-алювіальними відкладами пізньочетвертинного віку. Яро-балкова система розвинута погано, долини річок неглибокі.

Еолові форми рельєфу представлені незначними піщаними пагорбами, переважно в долині Десни.

Антропогенні форми рельєфу представлені в основному численними дренажними каналами, які подекуди замінюють русла річок, кар'єрами та іншими гірничими виробітками, продовгуватими насипами для доріг та залізниць.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення поставлених завдань виконувався комплекс методів, які включали в себе систематизацію та аналіз геофізичних даних та доінтерпретацію частини свердловин, використання отриманих параметрів для побудови геологічних розрізів Олишівського ПСГ та створення картографічних матеріалів, що характеризують пласт-колектор для створення подальших 3D моделей. Мета створення моделі – візуалізація геологічної будови Олишівської структури, оцінка доцільності використання підземного сховища газу та оцінка інших варіантів використання ПСГ. Оформлення кваліфікаційної роботи виконувалось відповідно до діючих ДСТУ та методичних рекомендацій [16,17,18].

3.1. Методика аналізу геофізичних матеріалів

Робота з геофізичними матеріалами (аналізувались каротажні діаграми) проводилась в програмному забезпеченні ГеоПошук 9 [19]. Створюється база даних, в якій зазначені основні параметри свердловин (координати, вибій, альтитуда гирла, пласти, пропластки тощо), криві каротажних діаграм та похідні криві та форми (літологія, пористість, проникність, проміжні криві).

Для проведення розрахунків за основу беруться дані геофізичних методів дослідження свердловин, де у різних свердловинах можуть бути різні методи. Основними методами каротажу є:

ПС (потенціал власної поляризації): Для електропровідності, низький опір вказує на глини. Крива конвертується в α ПС з розрахунком лінії пісковиків та глин.

ГК (гамма-каротаж): максимуми аномалій відповідають глинистим породам (через високий вміст K, U, Th), мінімуми — чистим пісковикам або вапнякам.

НГК (нейтронний гамма-каротаж) – використовується для встановлення типу насичення породи (водонасичені пісковики, газонасичені, нафтонасичені тощо).

БКЗ (бокове каротажне зондування) – використовується для виміру питомого опору. Мінімуми значень відповідають глинам, більші значення – пісковикам, аномально-високі значення притаманні карбонатам.

Комплексні методи аналізу кривих (перехресні діаграми, наприклад, ГК та ПС) дозволяють класифікувати породи (пісковики: низький ГК, високий НГК через пористість; глини: високий ГК, низький НГК). Результат: Складання літологічного профілю з виділенням колекторів (пісковики, вапняки) та покришок (глини).

Виділення літології проводиться на основі комплексного аналізу каротажних кривих (рисунок 3.1), які відображають фізичні властивості порід (радіоактивність, електропровідність, щільність тощо) та визначається шляхом порівняння значень кривих з еталонними значеннями для типових порід (пісковики, глини, карбонати тощо). Визначається комплексно з використанням кривих ГК, ПС, НГК та БКЗ через петрофізичні залежності та палетки. Процес включає завантаження кривих у базу, аналіз у формі "Форма" або "Карта", з автоматичним розрахунком через КАЛЬКУЛЯТОР. Першочергово на ГК та ПС: ГК вимірює природну радіоактивність для виділення глин (високі значення) і пісковиків (низькі), ПС — електропровідність для розрізнення глин (низький опір) і пісковиків. НГК додає дані про пористість і насичення, БКЗ — про опір для карбонатів.

З наявних даних розраховується коефіцієнт глинистості та α ПС (безрозмірна скоригована версія кривої самочинної поляризації, де значення, близькі до 1, відповідають пісковикам, а ті, значення яких наближається до 0 - глинам) за допомогою автоматичного розрахунку через вкладку технологій.

Розрахунок кривої LOB (фактично крива літології) (за допомогою влаштованих палеток та кросплотів): наприклад, низький ГК + високий НГК = пісковик, високий БКЗ = карбонат тощо.

Після виділення літології розраховувались коефіцієнти пористості та проникності за допомогою влаштованих палеток, формул та геофізичного калькулятора.

Також можливий розрахунок ефективної пористості з урахуванням коефіцієнта глинистості (VCL), віднімаючи пористість глин.

Проникність оцінюється емпірично на основі пористості з НГК/БКЗ, з урахуванням ГК/ПС для літології.

Кінцевою метою даних розрахунків є отримання поінтервальних параметрів літології, пористості, проникності для створення та аналізу відповідних карт та моделей.

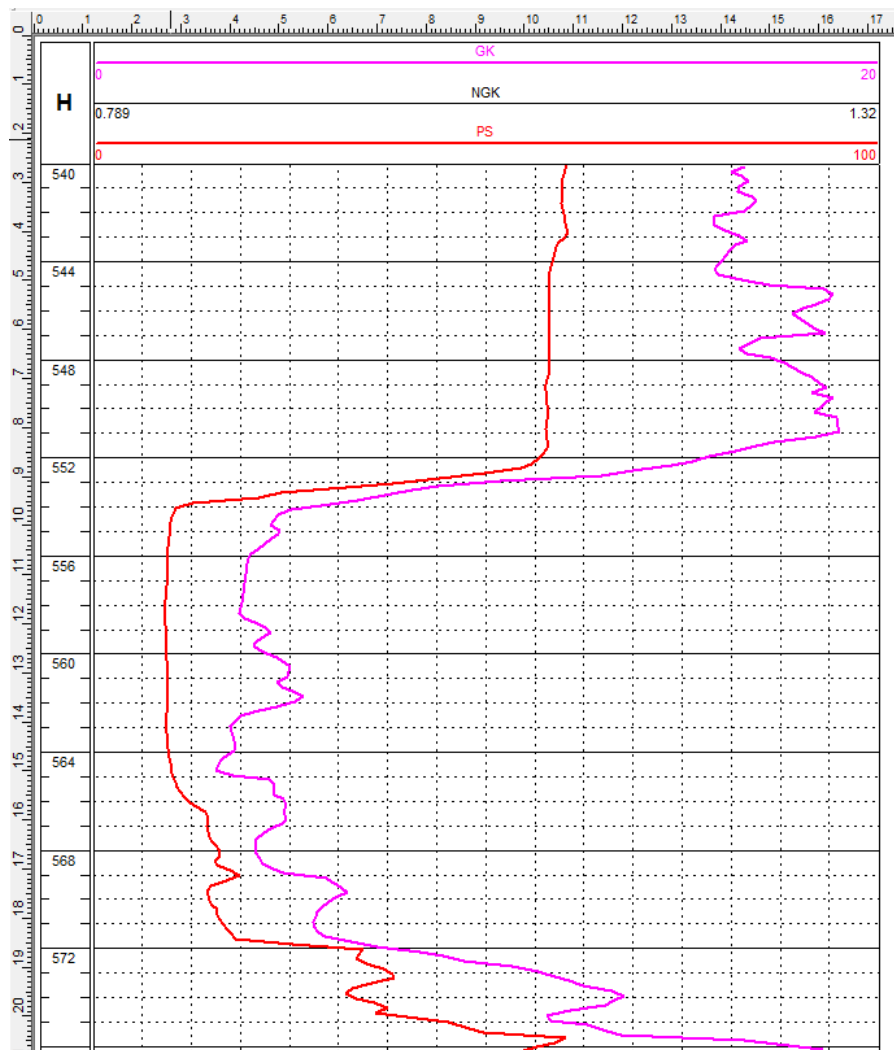


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд планшету ГДС

3.2. Методика складання картографічних матеріалів

Картографічні матеріали склалися за допомогою ПЗ CorelDraw, SasPlanet, ГеоПошук та ГІС-програм (QGIS, Esri ArcGis). Створення матеріалів полягає у створенні або завантаженні потрібної підложки, геопросторовій прив'язці об'єктів та правильному оформленні отриманих результатів. Топографічна основа при необхідності завантажується з відкритих джерел, в даному випадку нею слугує OpenTopoMap.

Вивантажені з ПО «ГеоПошук» LAS-файли та файли параметрів свердловин обробляються в програмі Excel для завантаження в ПО Esri ArcGis. У підсумку отримуємо shp-файли свердловин з їх параметрами, літологією, пористістю та проникністю для заданих пластів.

Для структурних карт, карт ізопакіт, пористості та проникності пласту-колектору використовується інтерполяція значень точок (свердловин) методом Spline з налаштуванням Regularised для плавності відображення, для встановлення меж інтерполяції створюється полігон, який вказується в графі Processing Extent, цей же полігон вказується в параметрі Raster Analysis як маска.

Інструментом Contour створюються ізолінії. Підпис ізоліній частково автоматизується завдяки влаштованому інструменту автоматичного оформлення підписів Maplex Engine. За потреби, кількість символів у підписах до ізоліній регулюється у вікні labels-expression формулою FormatNumber ([Contour], X), де X – кількість символів після коми.

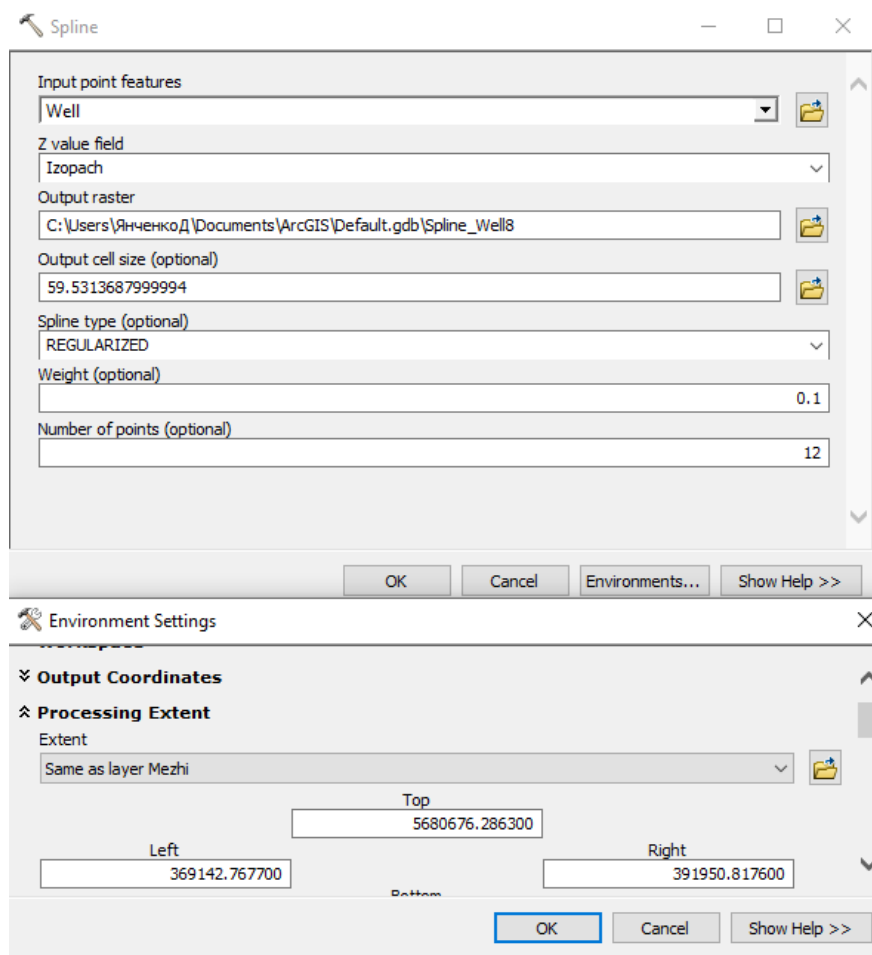


Рисунок 3.2 – Метод інтерполяції для створення картографічних матеріалів

3.3. Методика 3D-моделювання

Основне середовище моделювання – ПЗ ArcGis. Для створення поверхонь та моделі попередньо отримані результати підлягають обробці – LAS-файли переносяться в середовище Excel та обробляються за допомогою макросів мовою програмування VBA. Отримані результати по кожній свердловині конвертуються в shp-файли із врахуванням інклінометрії шляхом зміни координати точки на заданій глибині.

Створені структурні карти, shp-файли свердловин слугують основою для створення TIN-поверхонь з параметром альтитуду покрівлі/підшови пластів, їх параметрів пористості і проникності.

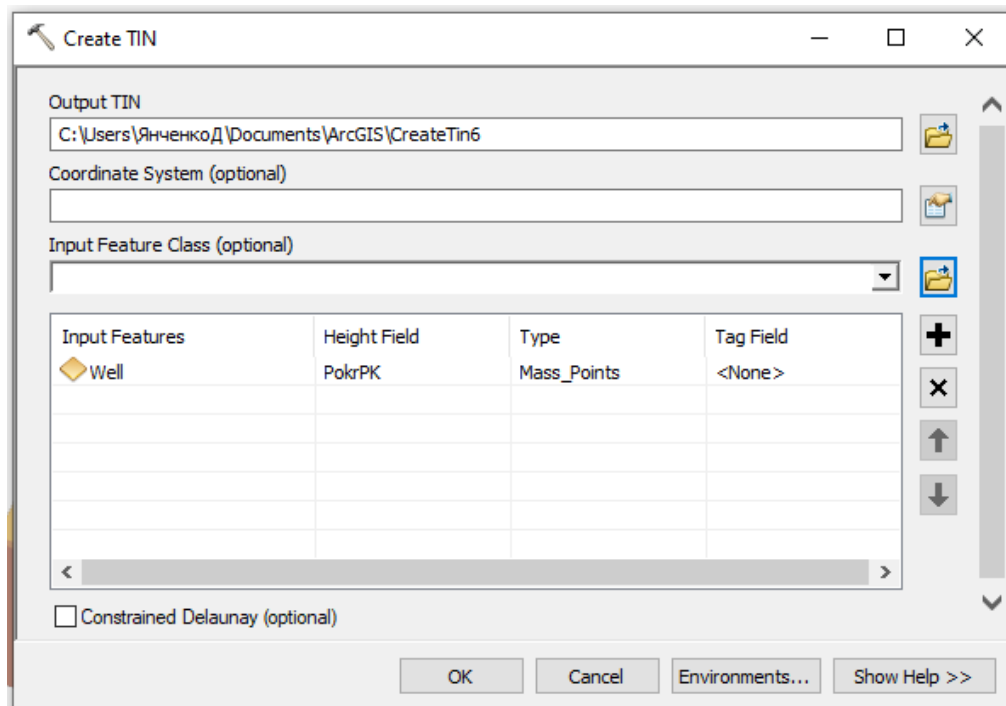


Рисунок 3.3 – Створення 3D поверхонь TIN

Для візуального збільшення масштабу перепадів висот, в налаштуваннях проекту чи конкретних об'єктів слід обрати потрібне значення *exaggeration*.

Для створення трьохвимірних моделей створюється загальна таблиця даних, в якій є наступні параметри: номер свердловини, координати X, Y в координатній системі WGS 1984 UTM Zone 36N, Альтитуда точки з параметром, значення пористості та проникності у відповідній точці, літологія у заданій точці переводиться у кодівий номер (наприклад, 1 – пісковик, 2 – глина тощо). Загальна база даних розділяється на відповідні БД для літології, пористості та проникності, з яких, для оптимізації, за допомогою VBA, видаляються всі значення, що розташовуються вище та нижче максимальної та мінімальної альтитуди пласта-колектора.

З наявних даних створюються окремо 3D шари точок для літології, пористості та проникності.

Моделі проникності та пористості мають однакову методику побудови - інструментом Empirical Bayesian Kriging 3D створюється проміжний інтерпольований багатовимірний растр з мінімально-можливим розміром сітки

по вертикалі та горизонталі (по горизонталі 25 чи 50 м, по вертикалі 0,2 м). Тип семіваріограми встановлюється як Power. Растр вивантажується в формат NetCDF. Даний формат, в свою чергу, знову завантажується в якості трьохвимірної об'єкту воксельної графіки, в якому створюються розрізи для кращого візуального відображення характеру змін пластів.

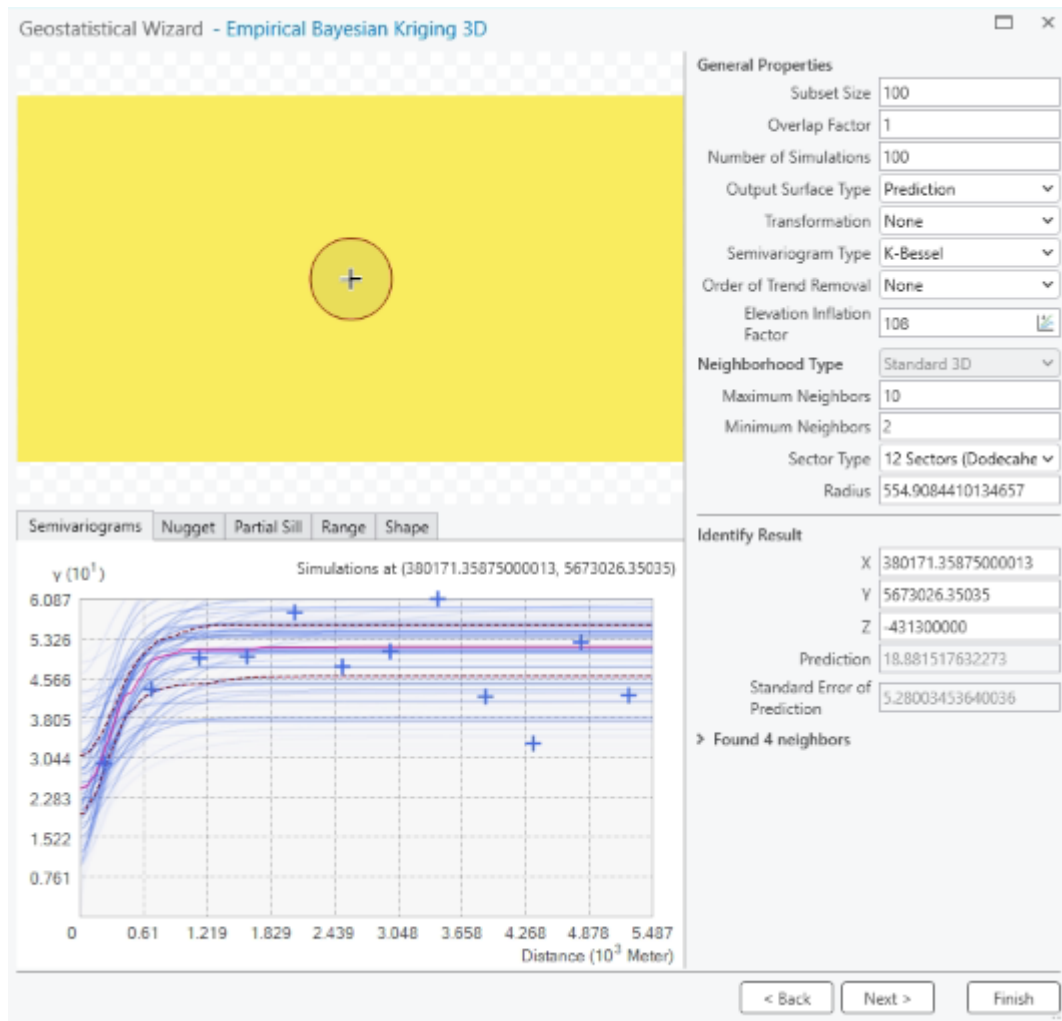


Рисунок 3.4 – Метод 3D інтерполяції

Модель літології має дещо інший метод побудови, оскільки будується з закодованих значень, тобто значення є дискретними, які не можна інтерполювати, оскільки будуть з'являтися неіснуючі елементи літології (умовно, між пісковиком та вапняком з'явиться глина), тому етап інтерполяції пропускається і точки напряму перетворюються у формат NetCDF інструментом Nearest Neighbor 3D, який завантажується як воксельна трьохвимірна модель.

Внаслідок дискретності даних, модель літології не є гладкою і поступовою, в ній спостерігатимуться різкі контакти.

3.4. Методика створення геологічних розрізів та стратиграфічної колонки

Геологічні розрізи створюються за допомогою матеріалів, отриманих з загальної бази даних родовища в ПЗ ГеоПошук. Файли з даними літології та стратиграфії підлягають короткій обробці в Excel, переведення покрівлі та подошви пластів в координатну систему X-Y, де глибини (Y) – вертикальна вісь, X (відстань) – горизонтальна вісь. Ці дані завантажуються в ArcGis, де між стратиграфічними підрозділами можливо максимально точно провести межі. Отриманий каркас переноситься в програму CorelDraw задля оформлення розрізу згідно стандартів.

Стратиграфічна колонка створювалась на основі даних звітів з робіт, проведених на Олишівському ПСГ, стратиграфічного кодексу та записки до геологічної карти. Оформлення проводилось в програмі CorelDraw.

РОЗДІЛ 4

ГЕОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОЛИШІВСЬКОГО ПСГ

На Олишівському ПСГ наявно 78 свердловин, з яких 40 – експлуатаційні, 6 – ліквідовані, 2 – геофізичні, 5 – спостережні газові, 2 – контрольні на нижню крейду, 2 – контрольні на верхню юру, 21 – п'єзометрична.

Користуючись наявною інформацією ГДС по даних свердловинах, систематизована база даних по Олишівському ПСГ, отримано інформацію про літологію, пористість та проникність пласта-колектора, пласта-покришки та по всьому розрізу свердловин. Геологічне моделювання Олишівського ПСГ та подальший аналіз можна розділити на наступні етапи:

- Створення картографічного матеріалу: структурних карт покрівлі та підосви, карти ізопахіт, карт середньозважених пористості та проникності пласта-колектора, поперечного та повздовжнього геологічних розрізів
- Створення структурних поверхонь та загальної моделі у 3D
- Аналіз отриманих результатів
- Характеристика процесів експлуатації ПСГ в минулому та їх змін
- Аналіз варіантів використання газосховища
- Прогнозування перспектив експлуатації

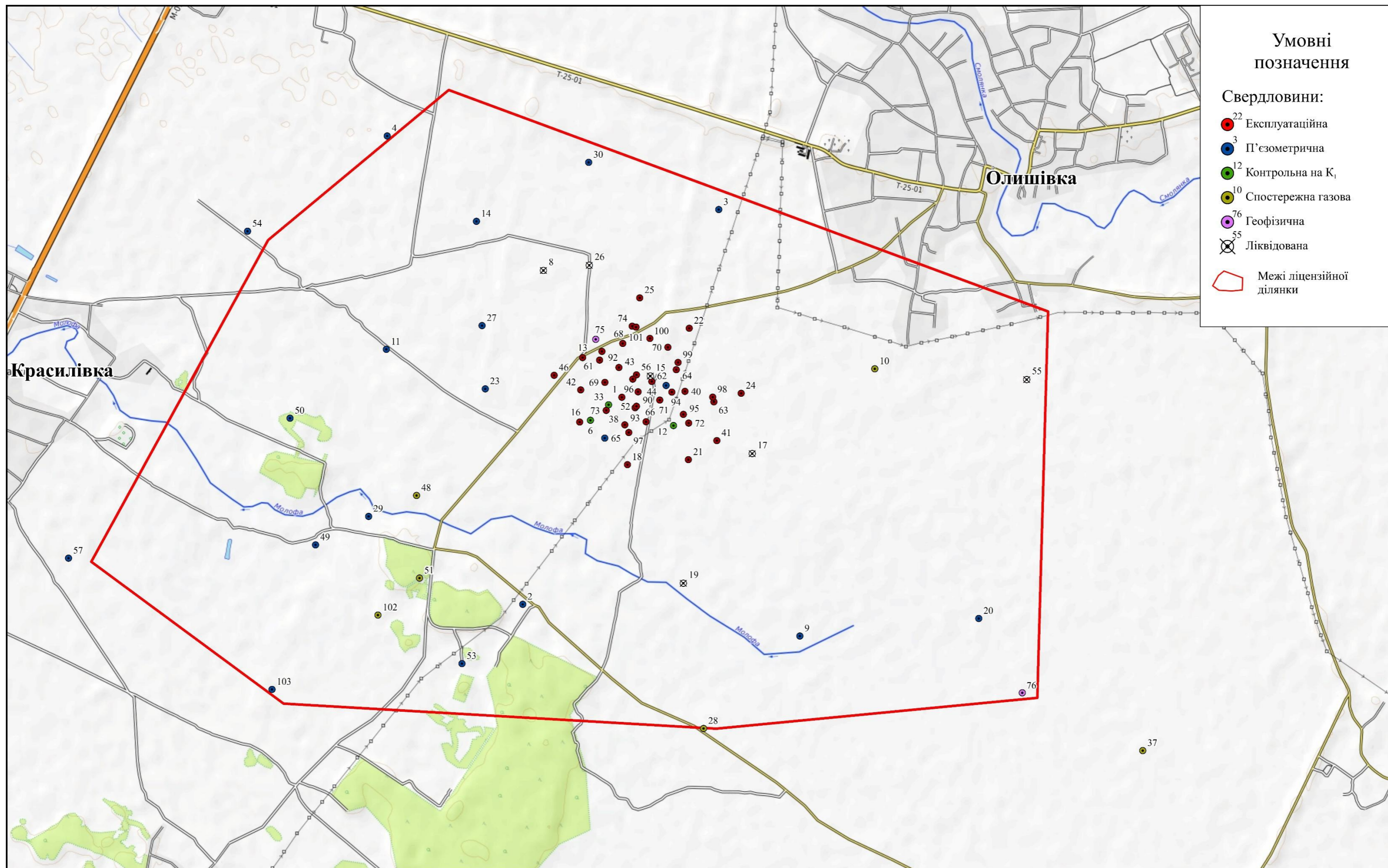


Рисунок 4.1 – Оглядова карта Олишівського ПСГ

4.1 Аналіз картографічного матеріалу та геологічних розрізів

Олишівська структура являє собою субширотну антиклінальну складку, потужність якої становить 10 - 15 м, а розміри 6,5 x 4,0 км. Кути падіння порід не перевищують $0^{\circ}30'$. Пласт-колектор залягає на глибинах 551 - 568 м і добре витриманий по площі підняття.

Найвище положення покрівлі байосько-батських відкладів у склепінні структури зафіксоване на абсолютній відмітці мінус 432,5 м. Поверхня покрівлі пласта-резервуара нерівна. На південному заході Олишівська структура сідловиною відокремлена від Красилівського підняття. Покрівля та підшва не мають значних структурних розбіжностей (рис. 4.2, 4.3).

Колектор являє собою пачку слабозцементованих крихких пісковиків, фактично пісків, та алевролітів. Його середня ефективна товщина 20 м і зменшується до склепінної частини складки (рис. 4.4).

Середня пористість до 30,5%, у склепінній частині структури спостерігається її неоднорідність та зменшення значень. Відмічається загальне зменшення пористості на захід та північний захід, що, ймовірно, спричинено літологічними особливостями пласту (рис. 4.5).

Середні показники проникності становлять – 1300 - 2000 мД, відмічається погане витримання показників по площі, особливо у склепінній частині, що також спричинено літологічними особливостями пласту (рис. 4.6).

Пласт анізотропний – його досліджені параметри (пористість, проникність) неоднорідні. Гідростатичний тиск, приведений до апікальної точки, прийнятий рівним 5,6 МПа. Покрівлею газового покладу служать бат-келовейські глини, товщина яких досягає 120 м.

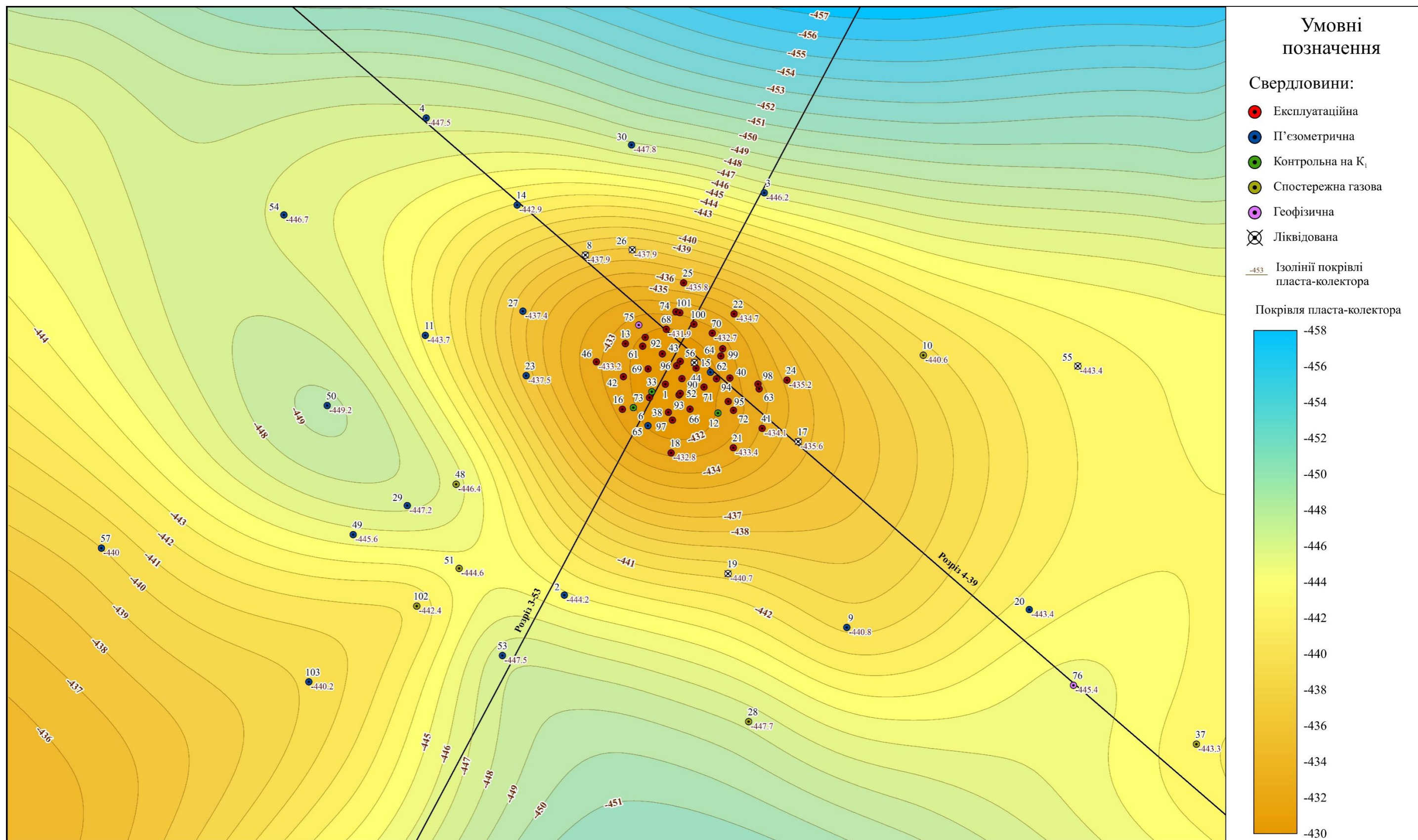


Рисунок 4.2 – Структурна карта покрівлі пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000

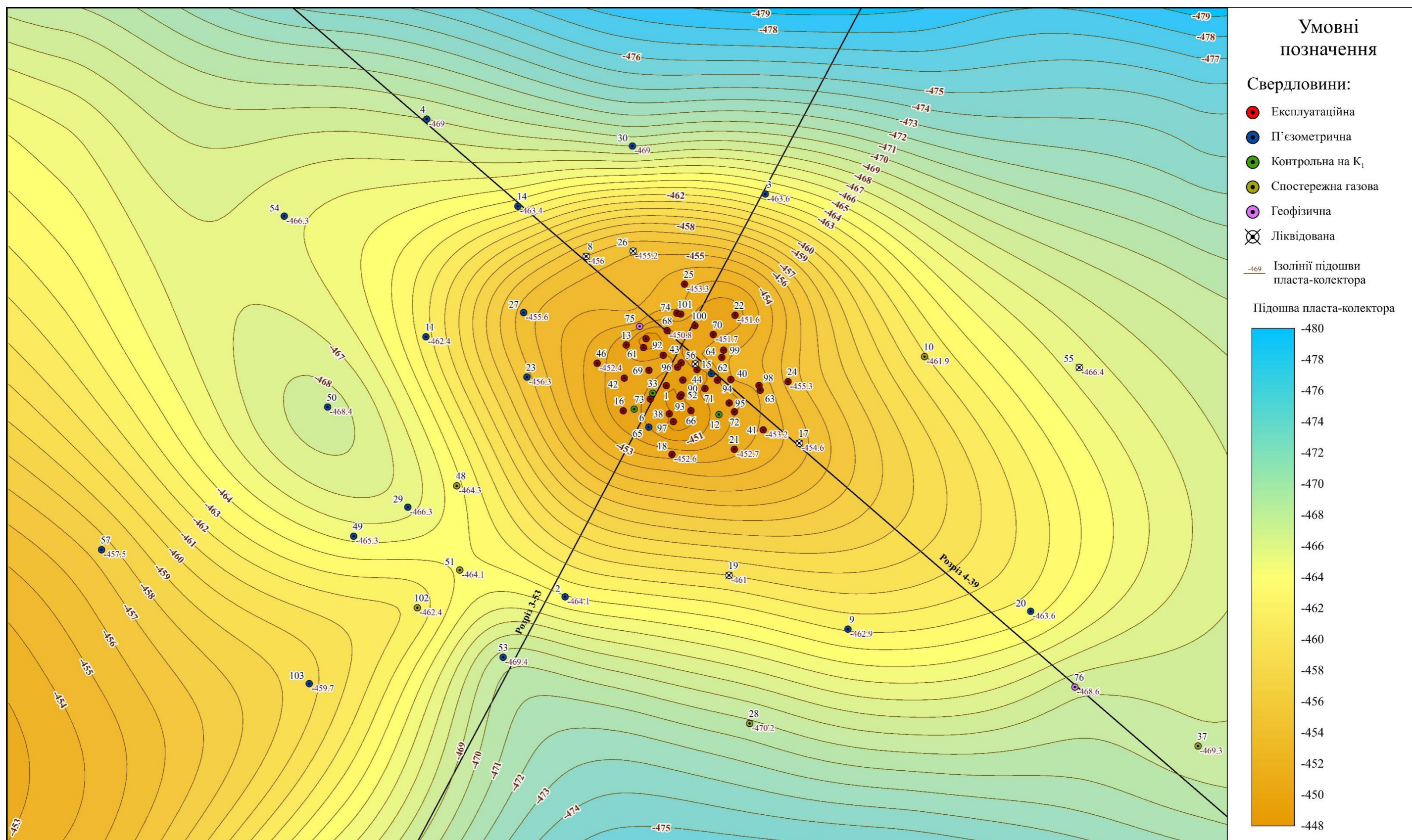


Рисунок 4.3 – Структурна карта підшови пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000

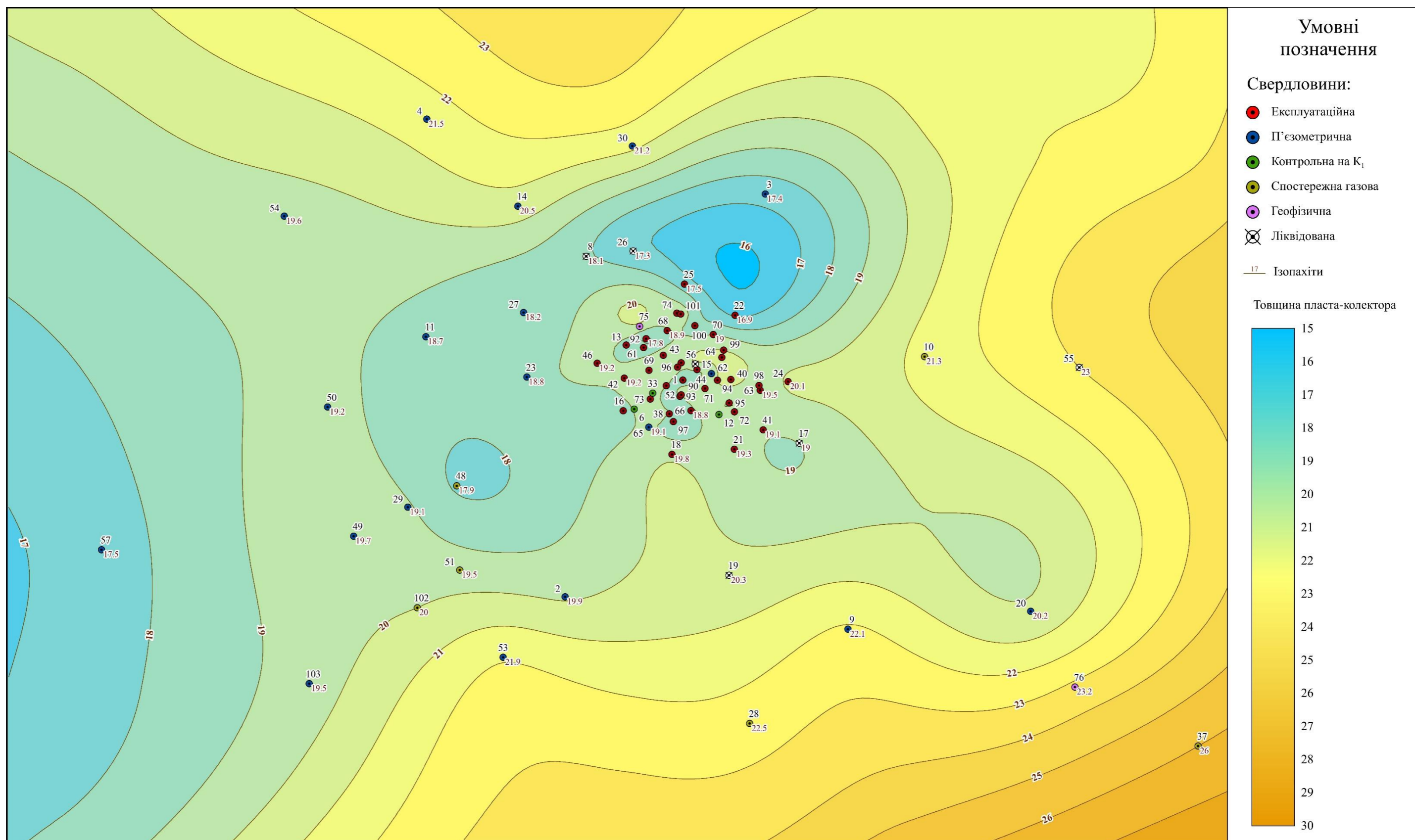


Рисунок 4.4 – Карта ізопахіт пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000

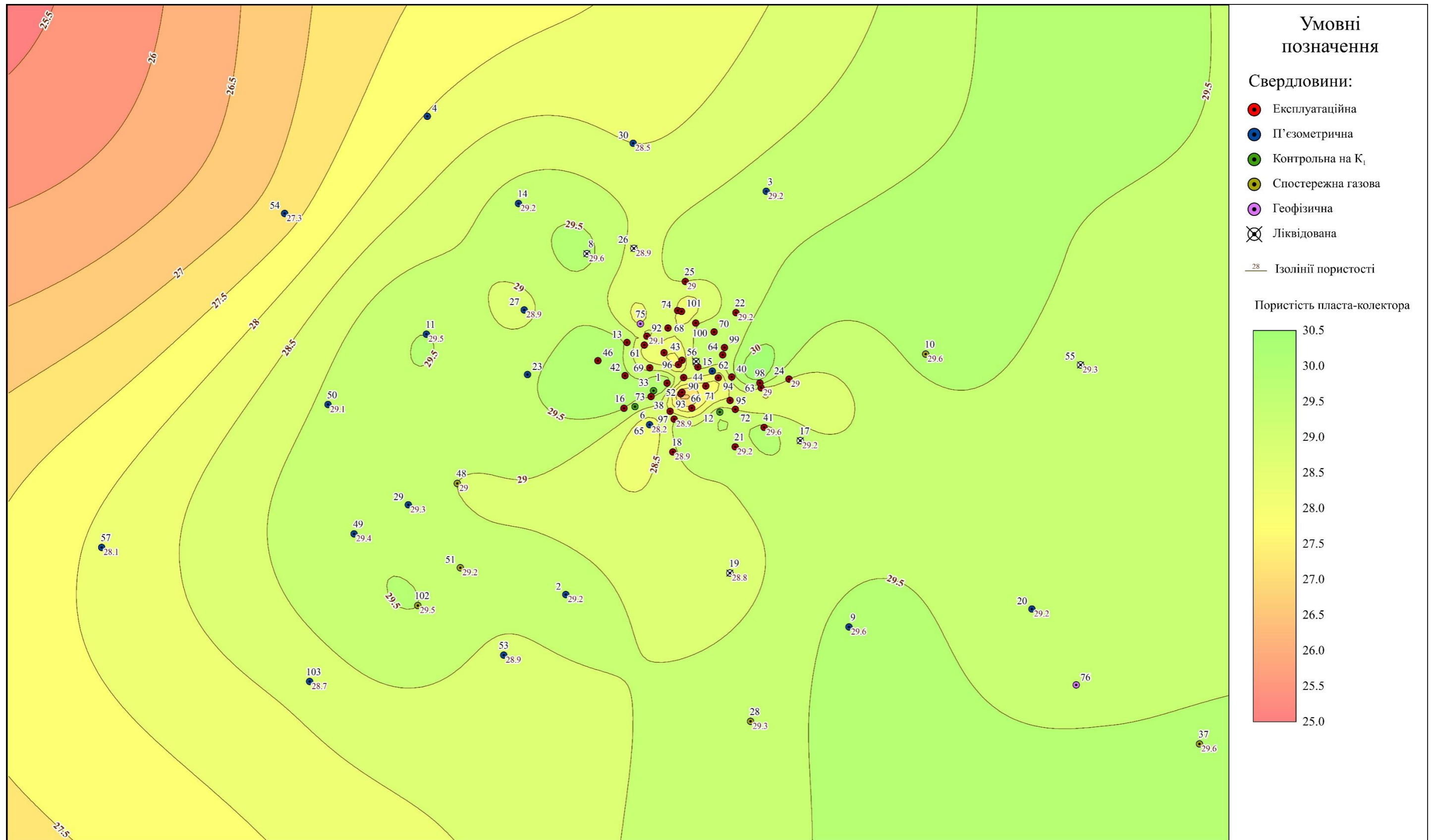


Рисунок 4.5 – Карта середньозваженої пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000

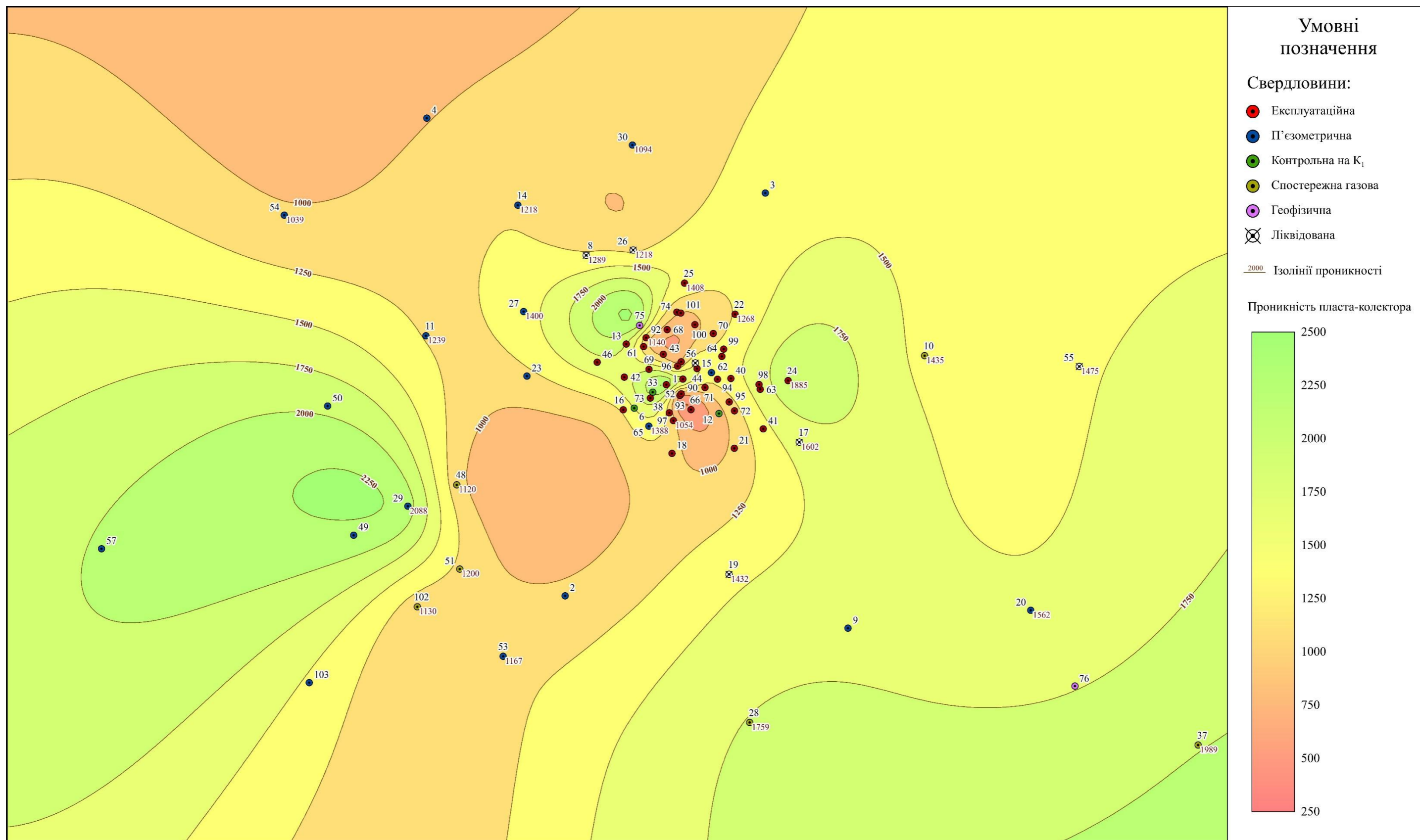


Рисунок 4.6 – Карта середньозваженої проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ Масштаб 1:30 000

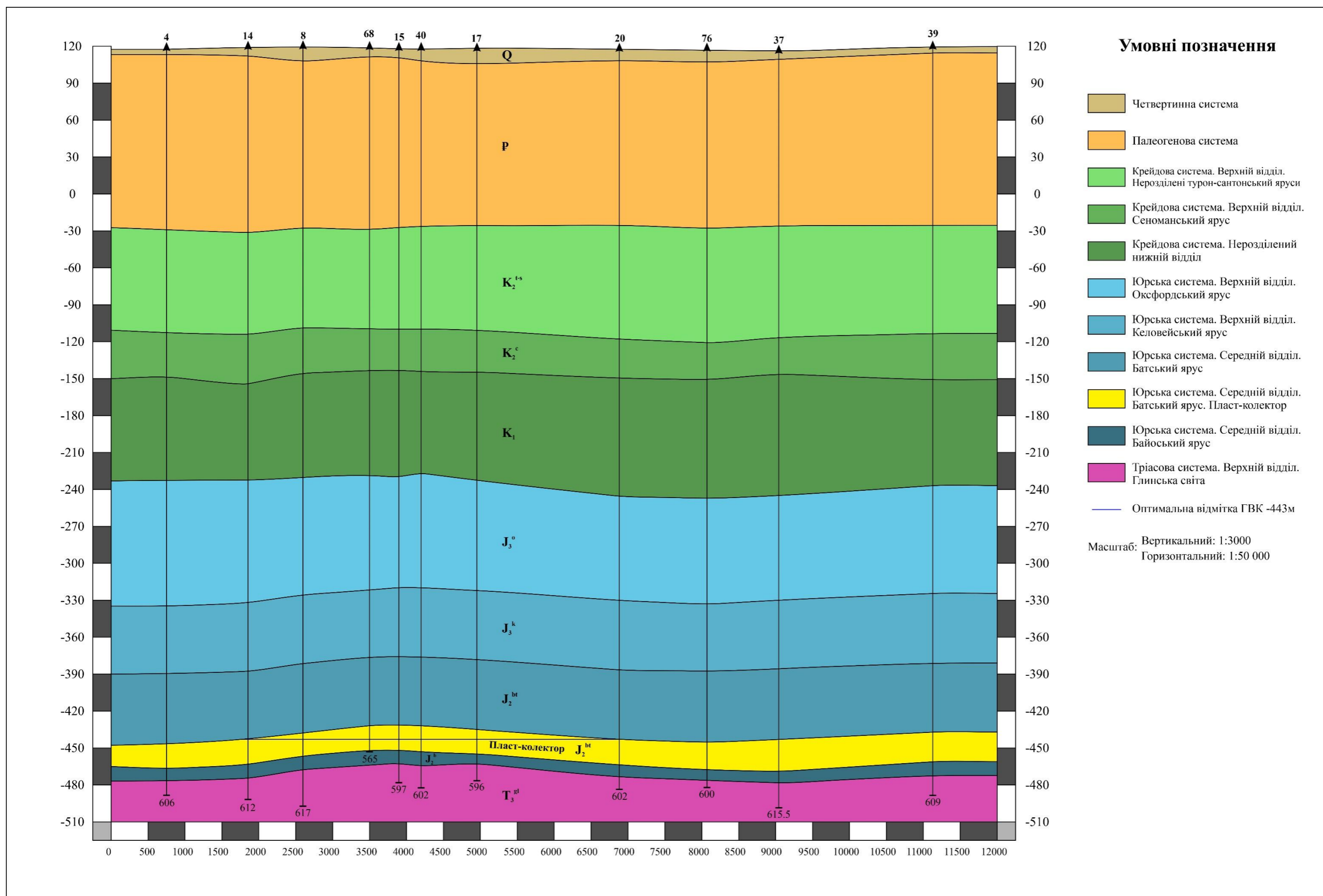


Рисунок 4.7 – Схематичний поздовжній геологічний розріз Олишівського ПСГ

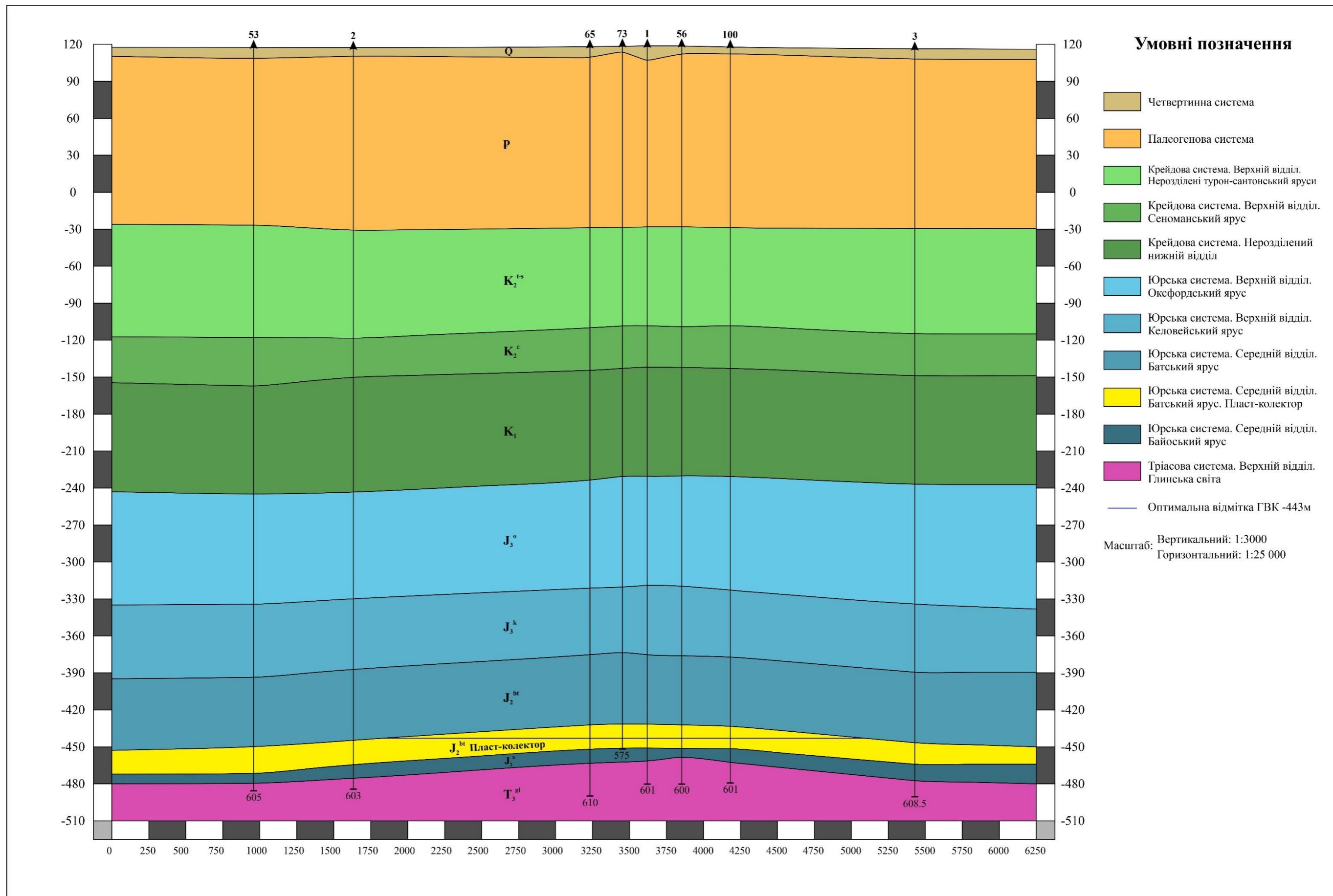


Рисунок 4.8 – Схематичний поперечний геологічний розріз Олишівського ПСГ

4.2 Аналіз результатів моделювання

За результатами розрахунків по свердловинах Олишівського ПСГ, було складено моделі літології, пористості та проникності пласта-колектора для простеження характеру розподілів параметрів по площі та глибині.

Літологія пласта не постійно витримана по площі, однак в основному представлена товщею пісків, що змінюються ущільненими пісками. Ущільненість пісків в основному зростає до нижньої частини пласта-колектора. Періодично спостерігаються лінзи глин та глинистих пісковиків. Виділяються також збільшення ущільненості пісковиків та глинистості у верхній частині пласта-колектора на південному та північному крилах складки. Модель літології зображена на рисунках 4.9 та 4.10.

Подібні незначні зміни літології, як зміна ущільненості пісків, спричиняють різні параметри пористості та проникності, що впливає на рух флюїду у пласті-колекторі.

Пористість, в цілому, має великі значення (більше 34%) у купольній частині пласта-колектора. Просторове розповсюдження високих значень співпадає з напрямком (азимутом) шарніру складки. Низькі значення пористості співпадають з місцями підвищення глинистості, які, в основному, розташовані на крилах складки. У східній та західній частинах спостерігаються високі значення пористості, що майже не знижуються до значень менше 20%. Слід відзначити, що у напрямку перемичок з Красилівською та Хрещатинською структурами, пористість здебільше має значення більше 34%. Модель пористості відображена на рисунках 4.11 та 4.12.

Значення проникності змінюються по пласту нерівномірно, однак в середньому вони складають близько 1500-1800 мД, у купольній частині Олишівської структури спостерігаються високі значення проникності (до 2700 мД та більше), однак вони неоднорідно розподілені. Підвищені показники також відзначаються у напрямку перемичок між Олишівською та Красилівською,

Олишівською та Хрещатинською структурами. Модель проникності наведена на рисунках 4.13 та 4.14.

Слід відзначити, що на південно-західному та південно-східному крилах складки, майже відсутнє підвищення глинистості та ущільненості піску, на відміну від південного крила, де у верхній частині знижена пористість та проникність. Саме на південний захід від склепіння антикліналі структурно розташовується сідловина між Олишівською та Красилівською структурами (рисунок 4.15), а на південний схід – сідловина між Олишівською та Хрещатинською структурами (рисунок 4.16), на яких також спостерігаються високі значення проникності, що потенційно створює умови для латеральних витоків газу при неправильному закачуванні газу (опір при латеральному флюїдоперенесенні по пласту менший, ніж при вертикальному, внаслідок чого ГВК розповсюджується не плановано, а з різкими горизонтальними зсувами в бік перемичок до сусідніх структур), що і відбулось при перших закачуваннях газу до ПСГ в перші роки експлуатації. Саме внаслідок таких особливостей пласта п'єзометричні свердловини 48, 51, 102, 28, 10, 37 раніше були чи перебувають і нині газовими спостережними свердловинами (буферний газ потрапив у присвердловинний простір і залишився там внаслідок наявності локальних невеликих структурних або літологічних склепінь).

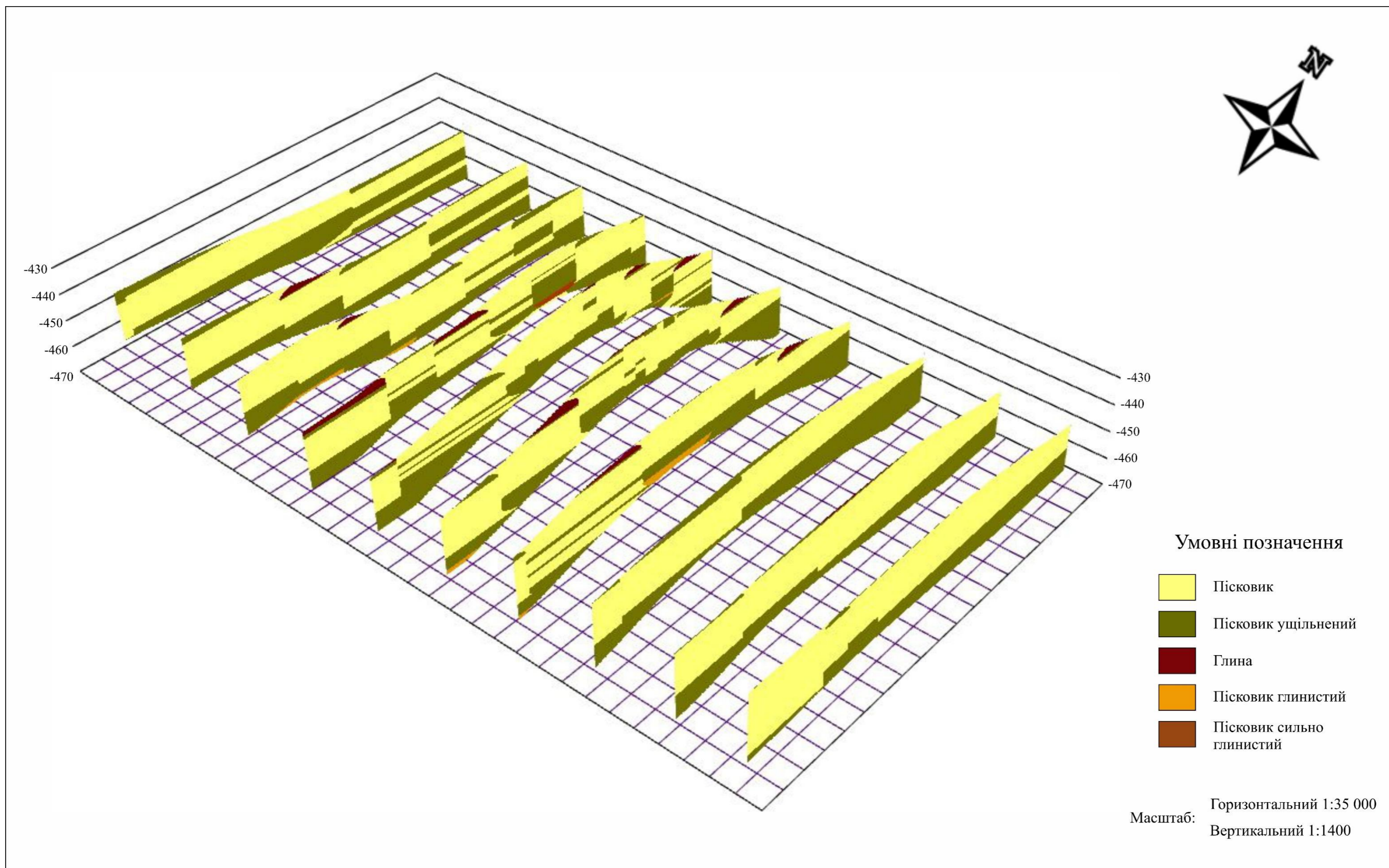


Рисунок 4.9 – Модель літології пласта-колектора Олишівського ПСГ

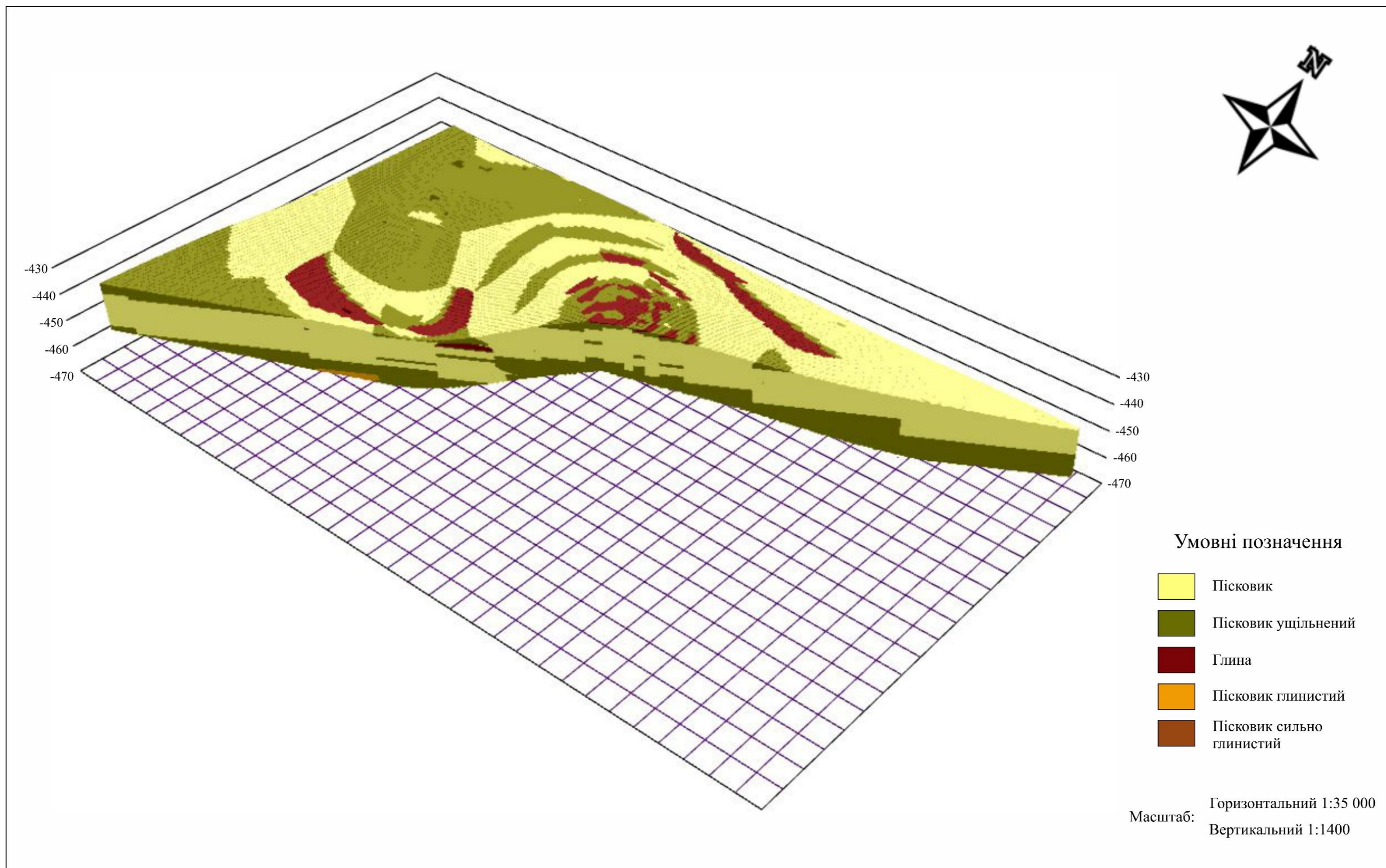


Рисунок 4.10 – Діагональний розріз моделі літології пласта-колектора Олишівського ПСГ

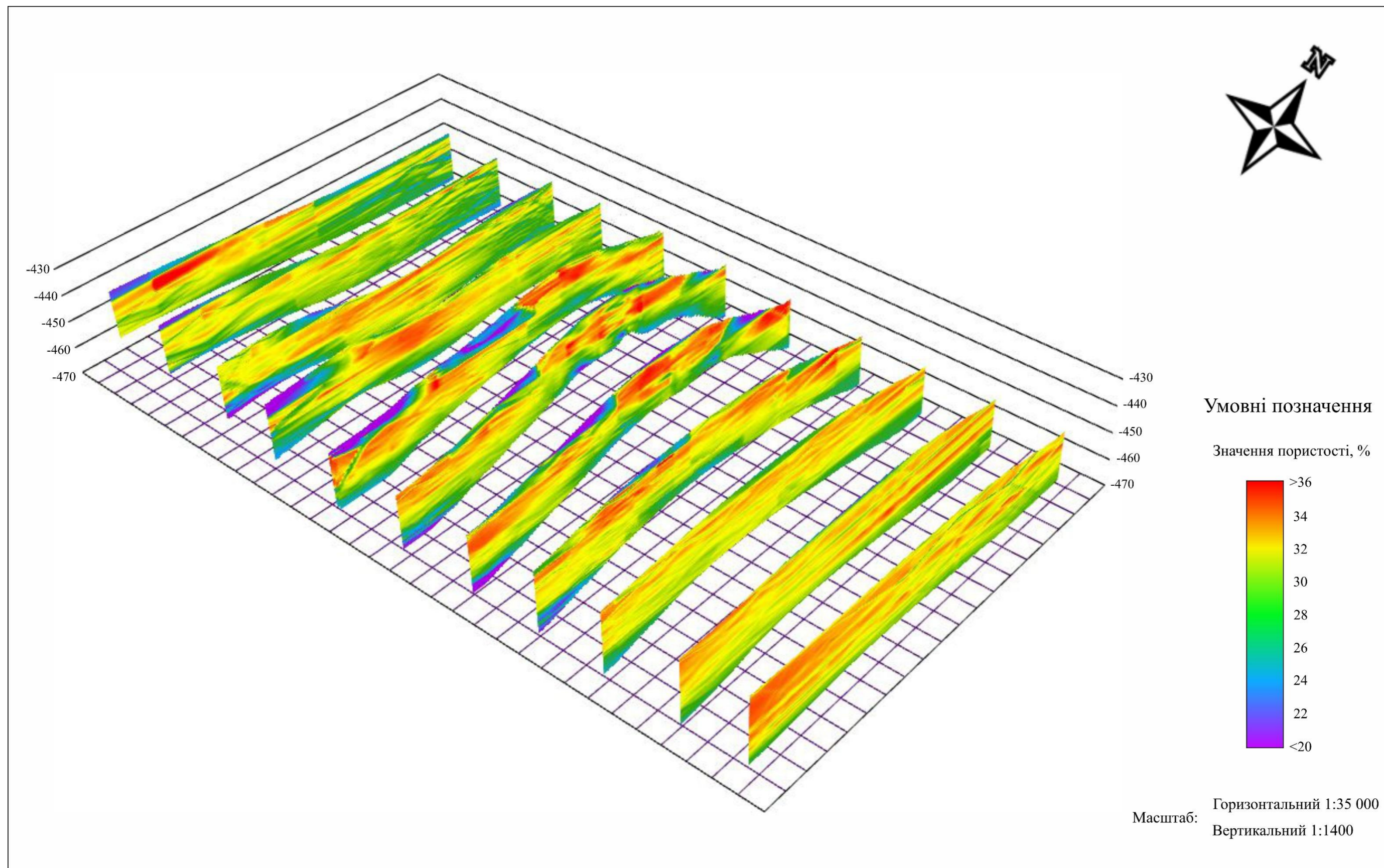


Рисунок 4.11 – Модель пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ

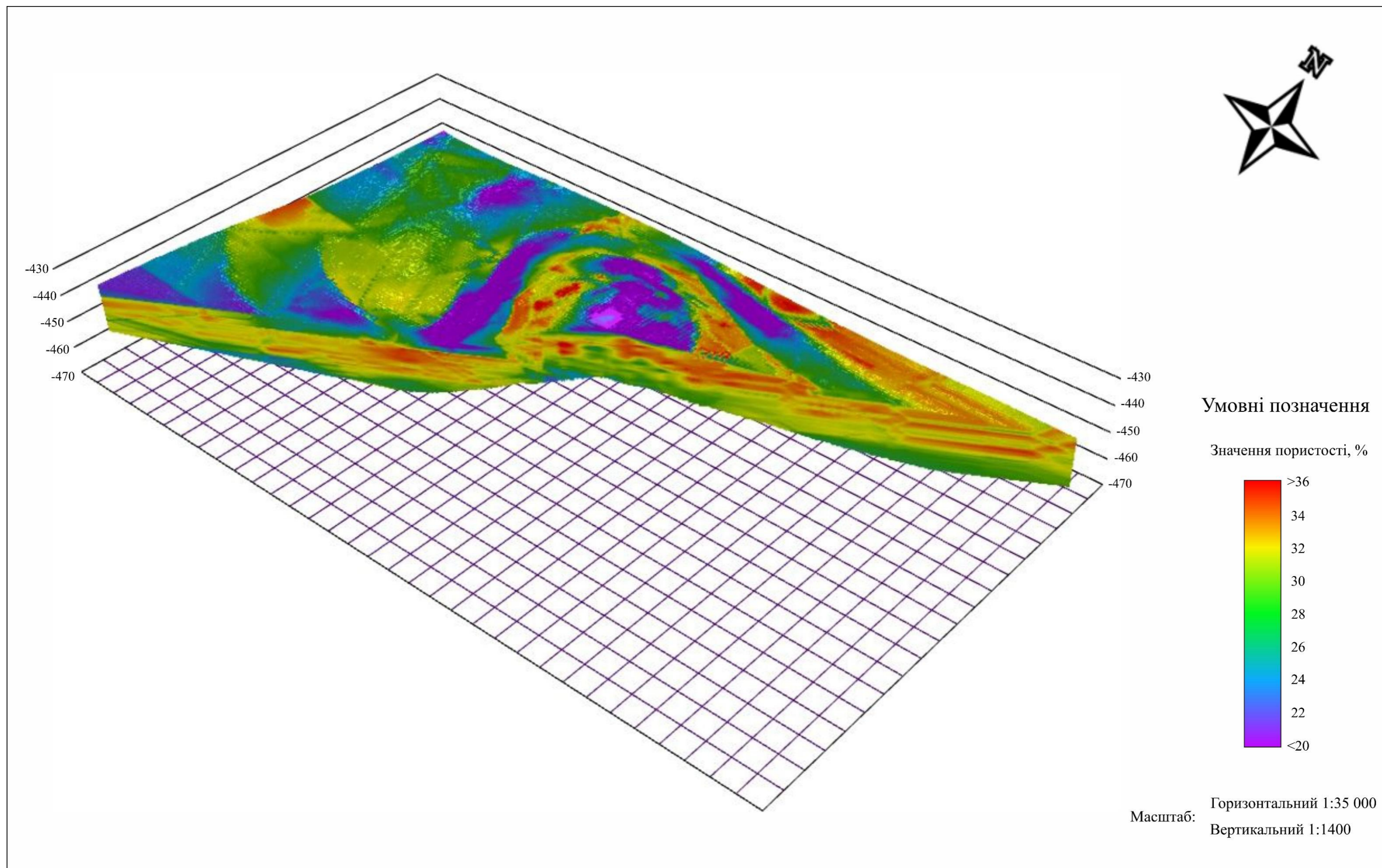


Рисунок 4.12 – Діагональний розріз моделі пористості пласта-колектора Олишівського ПСГ

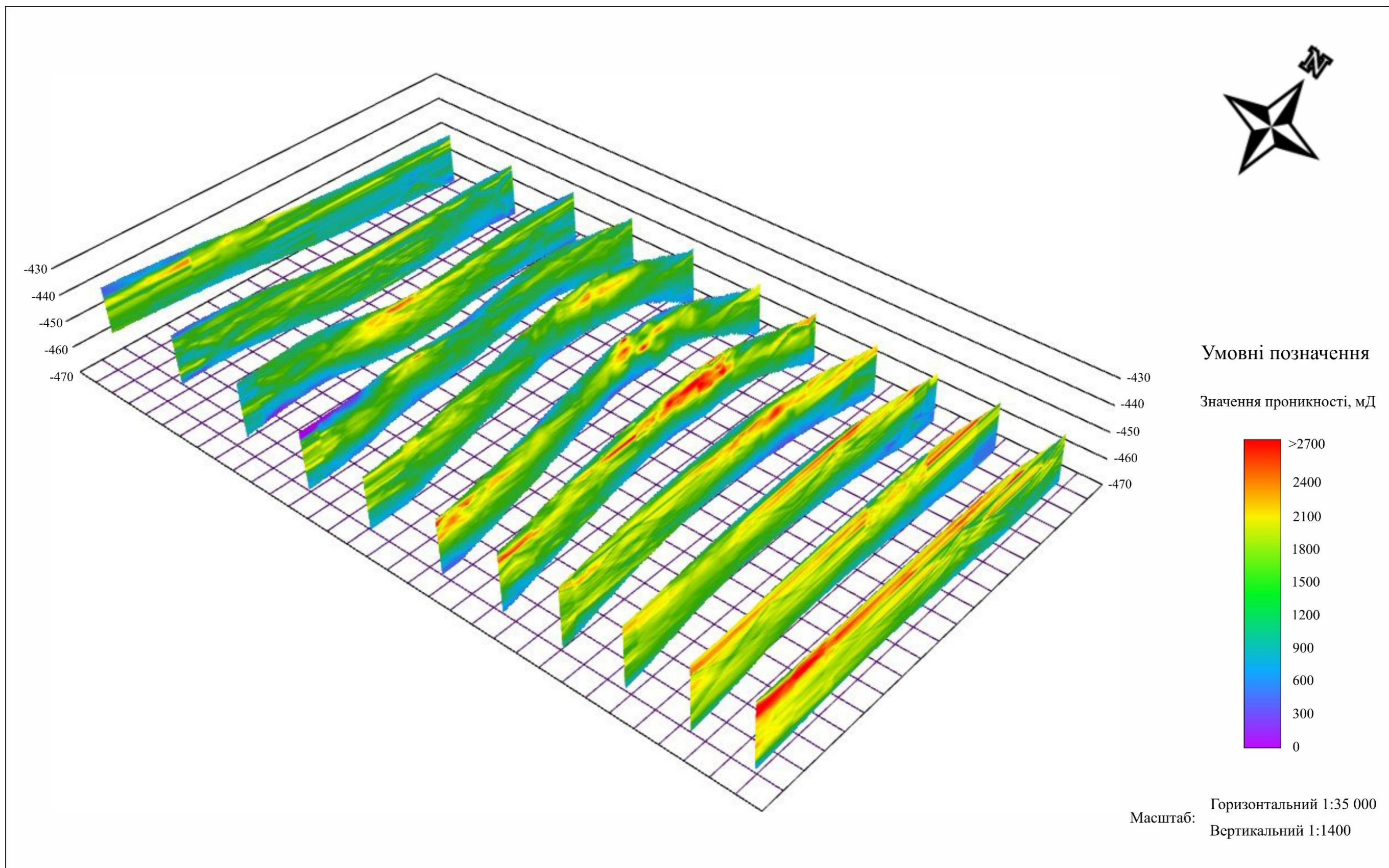


Рисунок 4.13 – Модель проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ

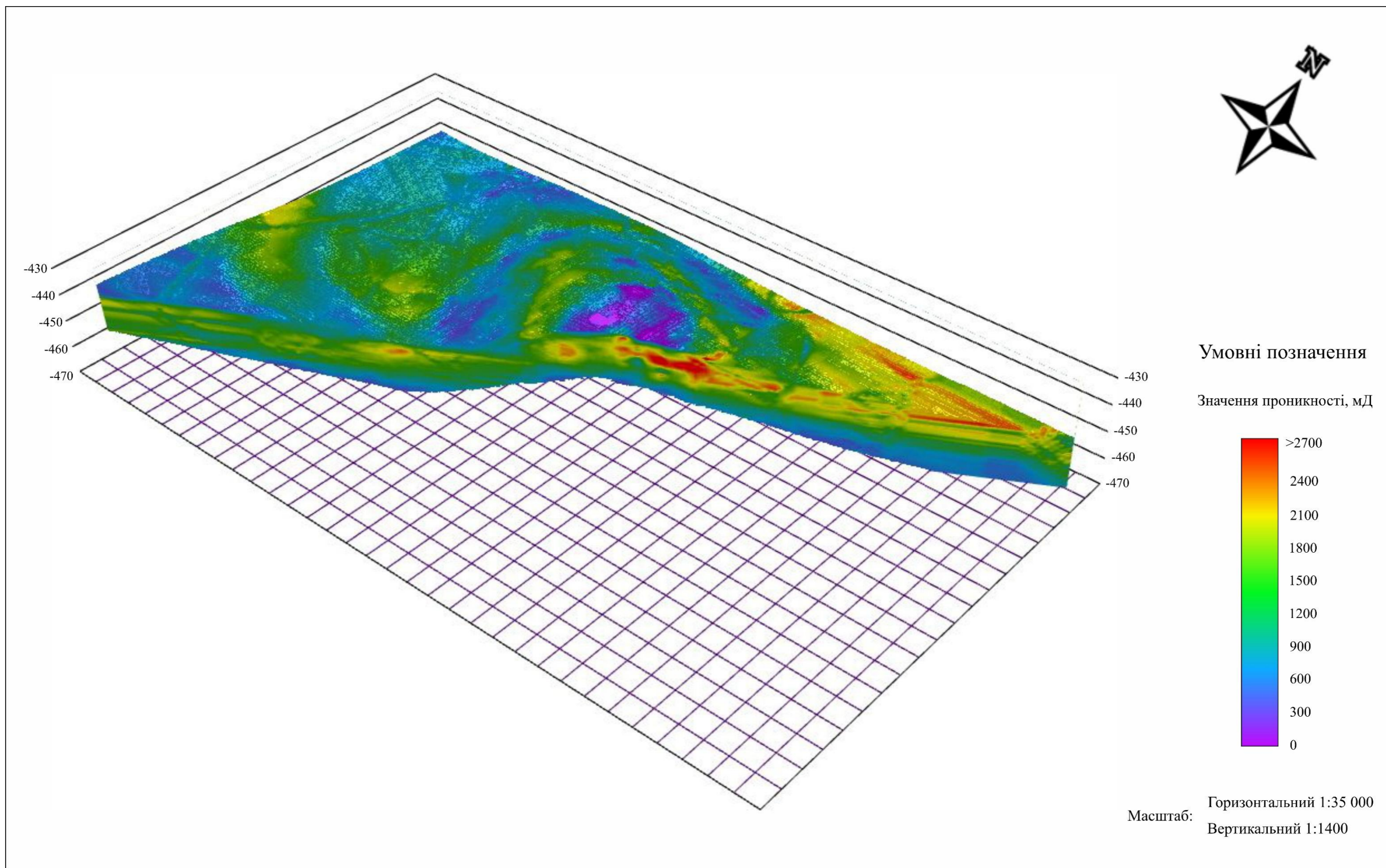


Рисунок 4.14 – Діагональний розріз моделі проникності пласта-колектора Олишівського ПСГ

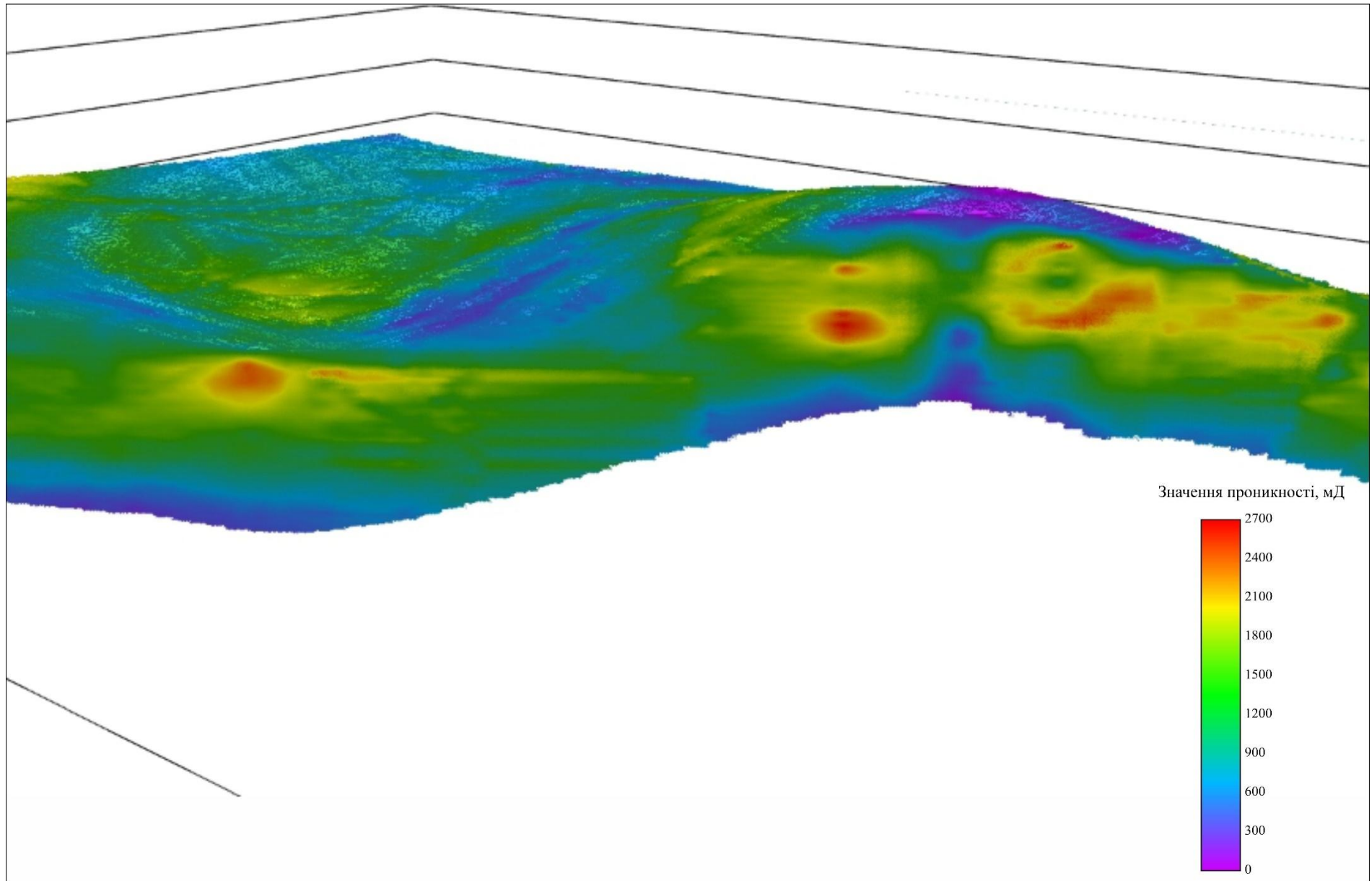


Рисунок 4.15 – Неоднорідність значень проникності на південно-західному крилі Олишівської структури

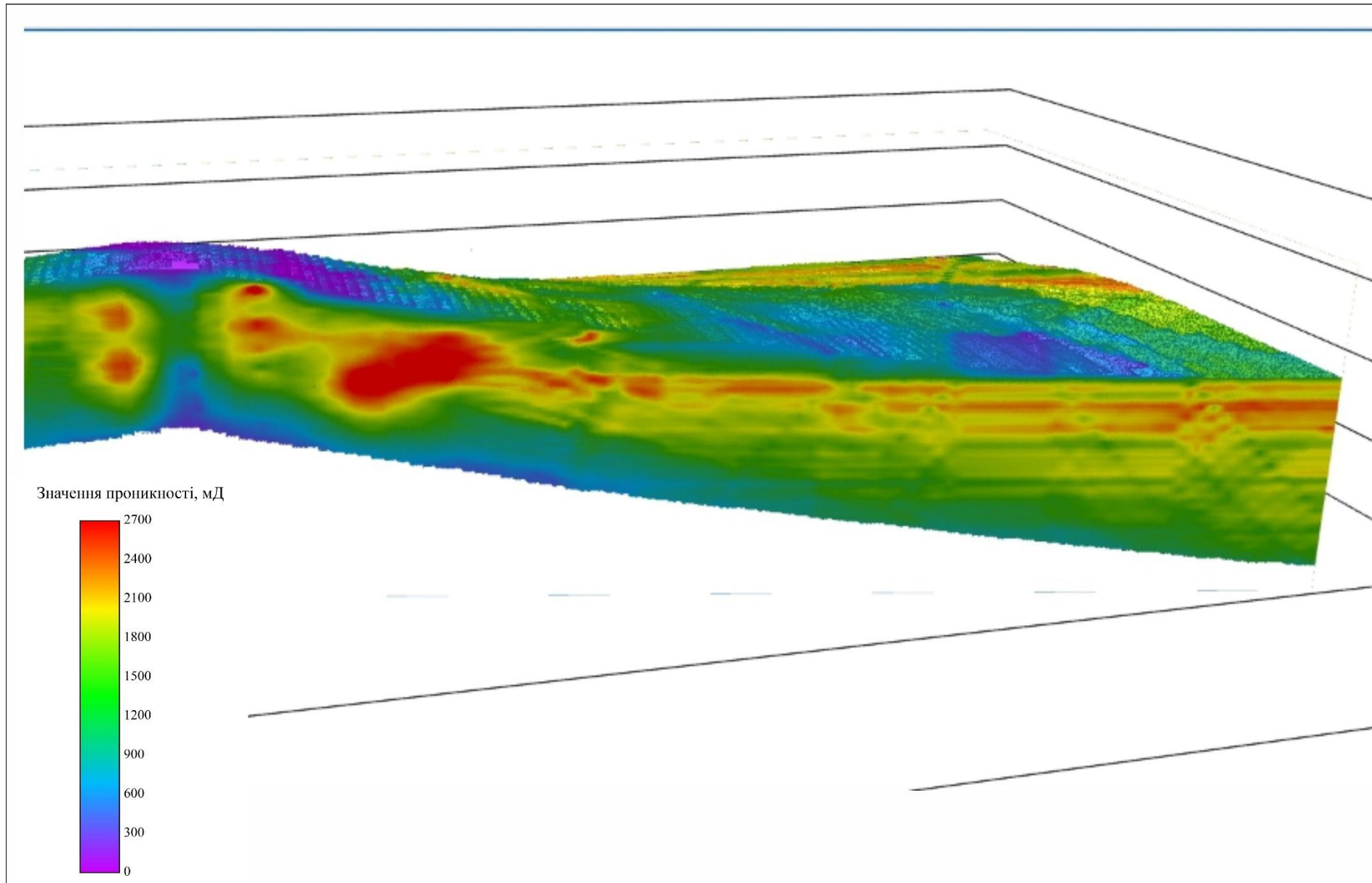


Рисунок 4.16 – Неоднорідність значень проникності на південно-східному крилі Олишівської структури

4.3 Характеристика процесів експлуатації ПСГ у минулому та їх зміни

Під час експлуатації об'єкту в якості ПСГ регулярно відбувались процеси закачування та відбору газу. Вивчення взаємодії штучного газового покладу з навколишньою водоносною системою вивчається у п'єзометричних свердловинах, які більш-менш рівномірно розташовані по периметру структури. У контрольних свердловинах виконуються дослідження на предмет вертикальних витоків газу.

Процес експлуатації Олишівського ПСГ вирізняється літологічною неоднорідністю пласта, численними зонами локальних ущільнень та змін глинистості, внаслідок чого на початку експлуатації ПСГ частина газу ймовірно мігрувала у сусідні підняття, після чого були прийняті технологічні дії щодо нормалізації процесів закачування газу. Літологічна неоднорідність (відповідно і неоднорідні показники пористості та проникності) призводять до непланових положень ГВК – так свердловини 102, 51, 48, 28 та 10 були пробурені на локальні малі склепіння, після проходження ГВК до даних свердловин, вони стали газовими спостережними і мали або мають тиск на гирлі. Відповідно до вищенаведених причин, на ПСГ відмічаються відносно великий відсоток пластових втрат.

Для аналізу реакції водоносної системи на динаміку експлуатації об'єкту було складено карти ізобар при максимальних (рисунок 4.18) та мінімальних (рисунок 4.17) об'ємах газу у сховищі. Отримані результати дещо викривлені на північному сході внаслідок відсутності в даній частині структури п'єзометричних свердловин. У склепінній частині антикліналі в цілому спостерігається менший пластовий тиск, ніж у навколишній водоносній системі, що відповідає нормам підземного зберігання природного газу в антиклінальних структурах.

При мінімальних об'ємах активного газу у сховищі відмічається поступове розподілення пластового тиску і його збільшення по крилах від склепіння донизу.

При максимальних об'ємах активного газу пластові тиски збільшуються на 5-16 ата, збільшується напруженість між пластовими тисками штучного покладу та водоносної системи, однак чітко виділяється зменшений пластовий тиск у склепінні.

Для порівняння динаміки змін тисків і впливу процесів закачування на пласт-колектор та пласт-покришку були складені карти порівнянь фактичних пластових тисків під час максимальних та мінімальних об'ємів газу у сховищі з нормальними гідростатичними. З причин відсутності даних про п'езометричні рівні у свердловинах до створення сховища, нормальні гідростатичні тиски розраховувались по глибині свердловини до середини інтервалу перфорації. На даних картах (рисунки 4.19, 4.20) видно, що їх ізолінії в цілому повторюють тенденції, що спостерігаються на картах розміщення ізобар. Напруга на покришку при максимальних об'ємах газу збільшена по контуру структури, пластові тиски є, в середньому, на 16% більші за нормальні гідростатичні. Даний показник не є критичним, зважаючи на потужність бат-келовейської глинистої покришки (до 120м).

В цілому, реакція пласта на закачування та відбір природного газу не вирізняється аномальними процесами, однак спостерігається невідповідність ізобар з ізогіпсами покрівлі пласта-колектора, що спричинено літологічною неоднорідністю пласта. Пластовий тиск протягом часу змінює свої значення більш-менш плавно, зміни об'ємів газу одразу впливають на рівні рідини у п'езометричних свердловинах, що властиво водонапірному режиму експлуатації. П'езометричні рівні при цьому змінюються від 0 м (самовилив) до 90-100 м.

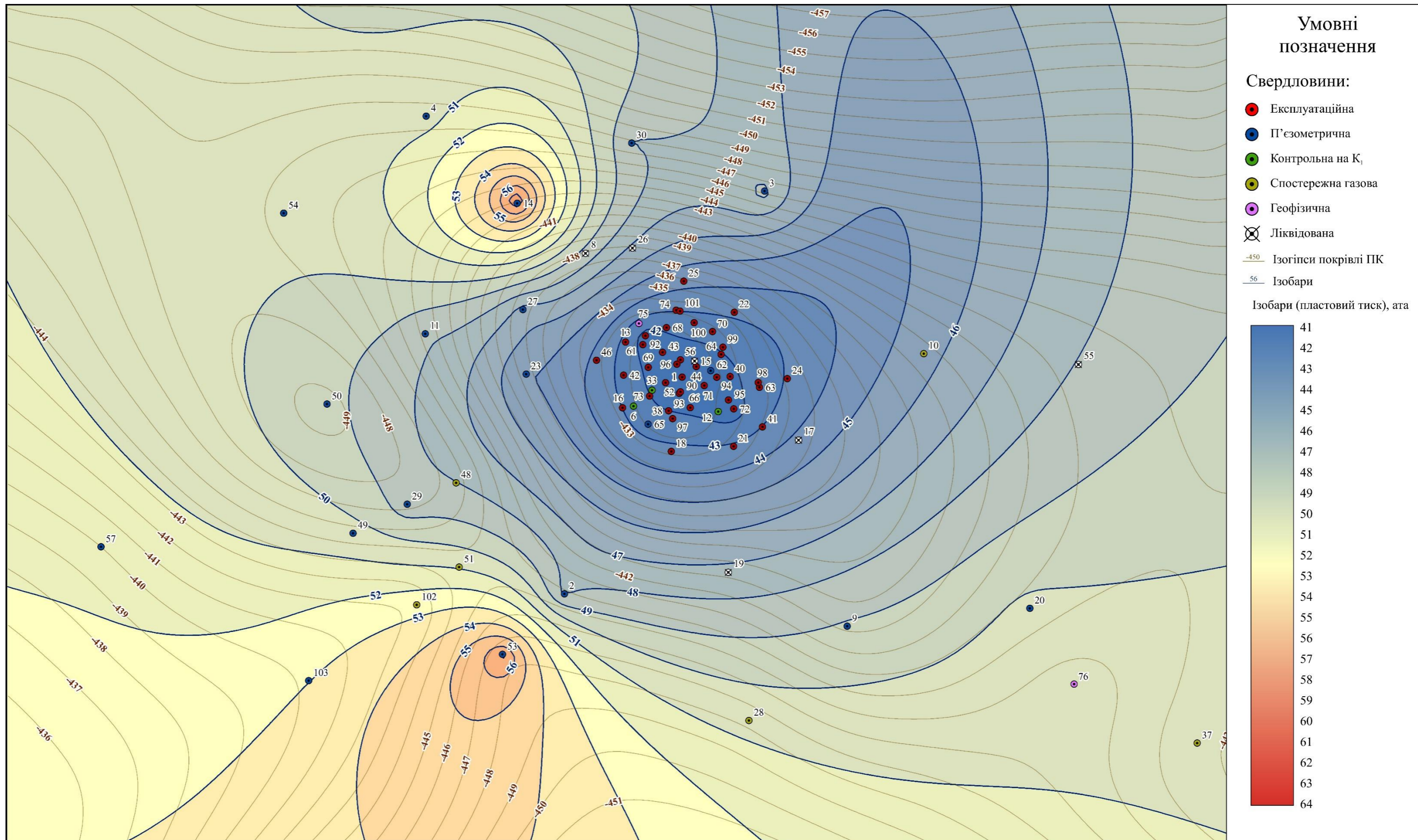


Рисунок 4.17 – Карта розміщення ізобар при мінімальних об'ємах активного газу на Олишівському ПСГ

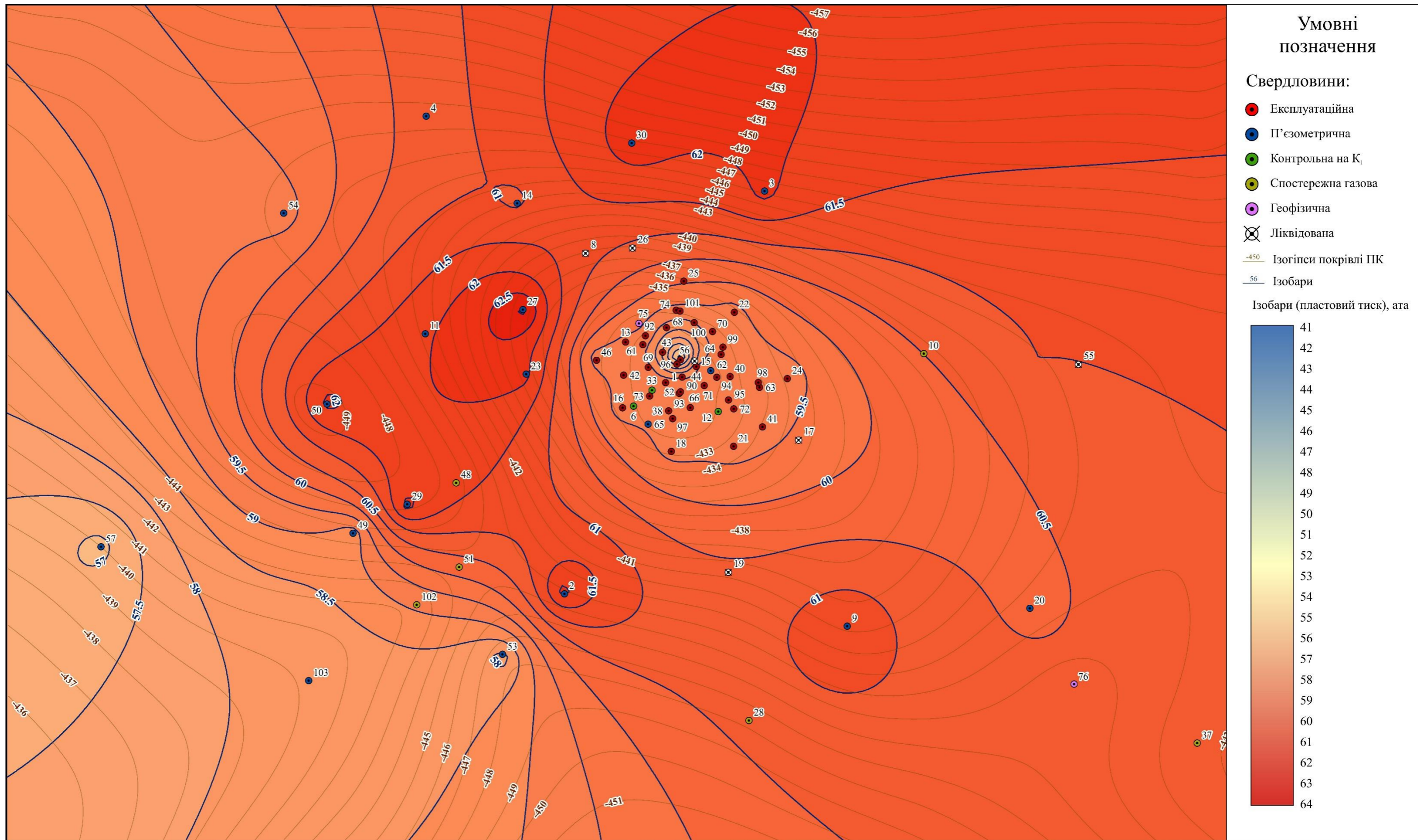


Рисунок 4.18 – Карта розміщення ізобар при максимальних об'ємах активного газу на Олишівському ПСГ

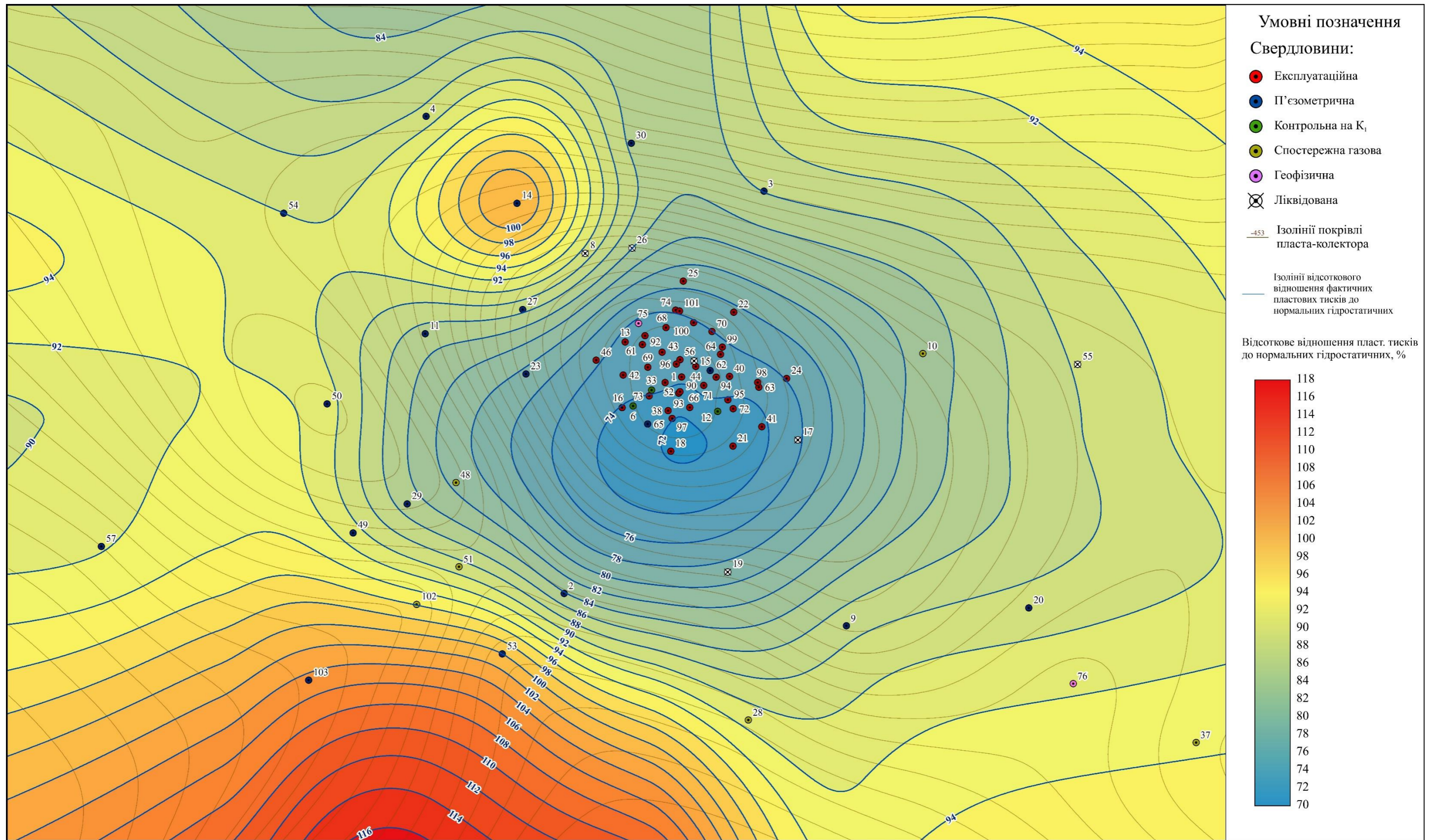


Рисунок 4.19 – Карта відношення фактичних пластових тисків до нормальних гідростатичних при мінімальних об'ємах активного газу на Олишівському ПСГ

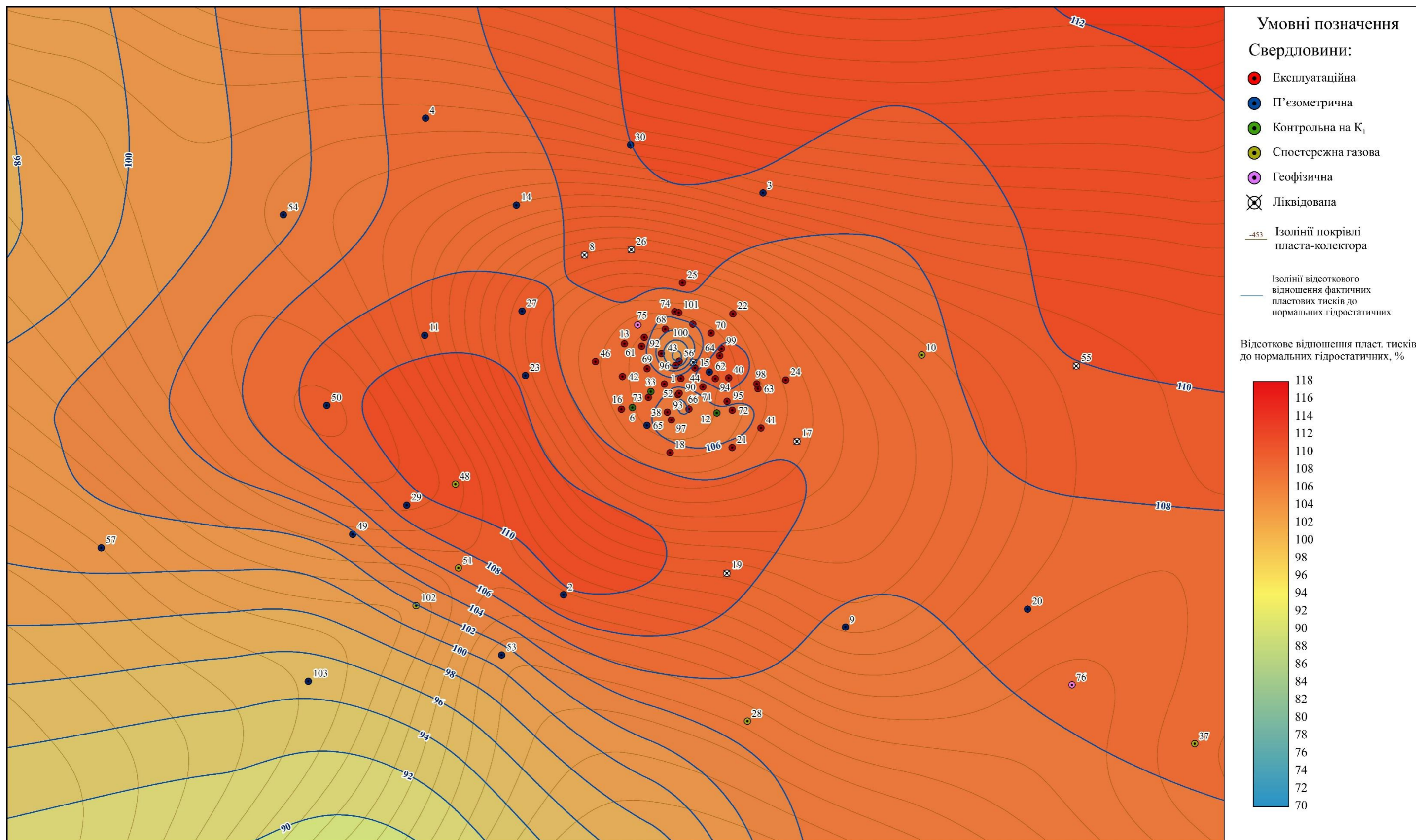


Рисунок 4.20 – Карта відношення фактичних пластових тисків до нормальних гідростатичних при максимальних об'ємах активного газу на Олишівському ПСГ

4.4. Аналіз варіантів використання газосховища

Серед варіантів використання Олишівського ПСГ можна виділити 6 основних, що мають свої умови, переваги і недоліки.

4.4.1. Продовження експлуатації в якості підземного сховища газу

Продовження експлуатації Олишівського ПСГ як сховища природного газу є перспективним у контексті енергетичної безпеки України, оскільки воно дозволяє ефективно балансувати попит і пропозицію в центральному регіоні, де зосереджені великі споживачі, такі як Київ. Географічне розташування поблизу столиці та ключових магістральних газопроводів зменшує транспортні втрати та час на перекачування газу, роблячи сховище стратегічним для швидкого реагування на пікові навантаження. Наявність готової інфраструктури, включаючи свердловини та компресорні установки, мінімізує інвестиції в відновлення, а неглибока глибина сприяє вищій швидкості закачування та відбору газу порівняно з глибшими об'єктами, де тиск вищий і операції вимагають більше енергії [20].

Географічне розташування Олишівського ПСГ робить його особливо перспективним для продовження експлуатації, оскільки воно знаходиться в центральній частині України, поблизу Києва, що забезпечує швидке постачання газу до найбільшого споживача країни без значних втрат на транспортування. Сховище зв'язане з магістральним газопроводом Дашава — Київ — Москва, що дозволяє інтегрувати його в європейську газову мережу та використовувати для транскордонного балансування. Така позиція скорочує нейтральний період після закачування, запобігаючи розтіканню газу та зберігаючи пластову енергію, особливо в умовах перевищення пластового тиску над гідростатичним. Крім того, близькість до інших ПСГ, як Червонопартизанське, створює можливості для комбінованого використання, посилюючи регіональну стабільність газопостачання та роблячи Олишівське ключовим елементом у надзвичайних ситуаціях, наприклад, під час перебоїв імпорту, як у 2009 році [21].

Наявність готової інфраструктури в Олишівському ПСГ є значною перевагою для продовження експлуатації, оскільки включає 40 експлуатаційно-нагнітальних свердловин, компресорну станцію з установками ГМК-10 та систему комунікацій, що дозволяє відновити операції з мінімальними модифікаціями навіть після пошкоджень, як у 2022 році від обстрілів. Це зменшує капітальні витрати на реконструкцію порівняно з новими об'єктами та забезпечує швидке повернення до повної потужності закачування (восени) та відбору (навесні). Однак виклики включають необхідність ремонту після воєнних дій, моніторинг герметичності структури та адаптацію обладнання до сучасних стандартів, що вимагає інвестицій у модернізацію для запобігання витокам і корозії. Загалом, існуюча інфраструктура робить сховище економічно вигідним для довгострокового використання в національній газовій системі [22].

Неглибока глибина залягання Олишівського ПСГ (альтитуди від -430 до -470 метрів) додає перспективності продовженню його експлуатації, оскільки полегшує швидке закачування та відбір газу завдяки нижчому пластовому тиску, що вимагає менше енергії на компресію та дозволяє досягати вищих дебітів свердловин — до мільйонів кубічних метрів на добу. Це перевага сховищ у водоносних пластах на менших глибинах порівняно з глибокими (понад 1000 метрів), де операції повільніші через більший тиск і деформацію порід, а також вищі витрати на обладнання. У Олишівському така глибина сприяє ефективній компенсації сезонних коливань, з максимальною добовою продуктивністю українських ПСГ на рівні 383 мільйонів кубічних метрів, і зменшує ризики обводнення, роблячи сховище ідеальним для швидкого реагування на пікові потреби. Для реалізації повного потенціалу потрібні пілотні тести та інвестиції в моніторинг, але в цілому це посилює енергетичну незалежність України та інтеграцію з європейським ринком [23].

4.4.2. Зберігання водню

Зберігання водню в підземних сховищах в цілому є перспективним. Такі сховища, подібні до газових, дозволяють накопичувати великі об'єми для

сезонного балансування попиту та пропозиції. Типи: виснажені родовища, антиклінали у водоносних пластах та соляні каверни. У світі є успішні приклади зберігання в соляних кавернах США та Європи, де водень закачують під тиском. В Україні це може інтегруватись з газовою мережею [24].

Зберігання водню визначається конкретними умовами та параметрами: Найбільш оптимальними породами для зберігання є пісковики з високою пористістю. Структура має бути розташована в стабільних тектонічних зонах без активних розломів, щоб уникнути геомеханічних ризиків. Необхідна наявність природного водного шару для підтримки тиску, але з мінімальною солоністю, щоб запобігти геохімічним реакціям з воднем. Пористість, що визначає об'єм порового простору для зберігання водню, повинна перевищувати 10-15%, з оптимальними значеннями понад 20% для підвищення ємності, оскільки водень має низьку щільність і потребує більших об'ємів порівняно з природним газом. Проникність, яка впливає на швидкість закачування та видобутку, повинна мати значення до 1000 мД, достатньою для потоку газу, але не надто високою, щоб уникнути дифузії та витоків, особливо оскільки водень має високу мобільність і вимагає нижчої проникності, ніж для вуглекислого газу чи метану. Глибина розміщення резервуару зазвичай становить 300-2000 м, щоб забезпечити достатній тиск (понад 3-5 МПа) для зберігання водню в газоподібному стані та зменшити ризик витоків. Температура повинна бути в межах 20-80 °C для мінімізації геохімічних реакцій. Породи не мають містити речовин, що реагують з воднем (наприклад, різні сульфідні) та повинні мати низьку залишкову насиченість водою для запобігання втратам через розчинення [32,33].

Олишівське ПСГ, як створене у водоносному пласті, має переваги для зберігання водню завдяки антиклінальній геологічній структурі з природною герметичністю через витіснення води газом. Подібні структури можуть бути економічно вигідними, бо не вимагають видобутку значної кількості вуглеводнів для переведення на зберігання іншого ресурсу. Близькість до європейських газопроводів робить його хабом для водню в проектах ЄС. Дослідження вказують на мінімальні зміни інфраструктури, як модернізація свердловин і

компресорів [25], однак потрібно проводити додаткові дослідження для встановлення потреби оновлення і придатності інфраструктури.

Однак використання Олишівського ПСГ для водню має виклики: взаємодія з породою може спричиняти реакції, витоки чи забруднення. Водень легший і рухливіший за газ, тож потрібні заходи для герметичності. Мікробіологічні процеси перетворюють водень на метан, знижуючи ефективність. Економічно: витрати на обладнання, стійке до "водневого охрупчування", та регуляторні бар'єри за Кодексом про надра. Водень також є вибухонебезпечною речовиною і потребує відповідних заходів безпеки. Рекомендуються пілотні проекти для тестування ризиків [24].

Перспективи Олишівського ПСГ для водню в Україні обнадійливі, особливо в Енергетичній стратегії до 2035 року з акцентом на відновлювані джерела. Воно може стати частиною європейського водневого ринку, балансує систему та зменшуючи викиди вуглекислого газу. Комбінація зі сховищами в західних і південних регіонах посилить потенціал. Потрібні інвестиції в дослідження, співпраця з ЄС та оновлення законодавства. Загалом, це посилить енергетичну незалежність України [24].

4.4.3. Зберігання вуглекислого газу

Зберігання вуглекислого газу (далі – CO_2) в підземних сховищах є ключовим елементом технологій CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage) для зменшення викидів парникових газів і боротьби з кліматичними змінами. Такі сховища, подібні до газових, дозволяють закачувати CO_2 у виснажені родовища чи соляні каверни, де він утримується безпечно. У світі реалізовано проекти CCS (Carbon Capture and Storage), наприклад, у Норвегії чи США, з закачуванням під тиском і контролем. В Україні це інтегрується з газовою мережею, сприяючи декарбонізації до 2060 року. Потенціал зберігання в Україні — до 400 мільярдів тонн, переважно в східних і західних регіонах [26].

Умови зберігання вуглекислого газу подібні до умов зберігання водню: Найбільш оптимальними породами для зберігання є пісковики (кварцові,

слабоцементовані) або карбонати (вапняки, доломіти) з високою пористістю. Структура має бути розташована в стабільних седиментаційних басейнах з антиклінальними структурами або стратиграфічними пастками, щоб уникнути геомеханічних ризиків, з обов'язковим ущільнювальним шаром з низькопроникних порід, таких як глини, сланці або евапорити. Оптимальна пористість, що визначає об'єм порового простору для зберігання CO₂, повинна мати значення понад 10-15%, оскільки CO₂ у щільній фазі потребує значних об'ємів. Оптимальна проникність, яка впливає на швидкість ін'єкції та міграції, повинна мати значення близько 1000-2000 мД для колектору і дуже низькою для покришок (<1 мД), щоб уникнути витоків, враховуючи нижчу в'язкість CO₂ порівняно з розсолем. Глибина розміщення резервуару зазвичай становить 800-3500 м, щоб забезпечити суперкритичний стан CO₂ (щільність вища, ефективність зберігання краща) при тиску понад 7.4 МПа та температурі понад 31 °С. Температура повинна бути в межах 30-150 °С для мінімізації реакцій. Породи не мають реагувати з CO₂ [34,35].

Олишівське ПСГ має переваги для CO₂ завдяки структурі з піском/пісковиком і глинистою покрівлею. Потенціал: 462,6 млн тонн (повна ємність) або 217,3 млн тонн (активний об'єм), з CO₂ у рідкому стані при 25 °С і 5,6 МПа. Близькість до газопроводів робить його елементом для балансування, а існуюча інфраструктура (свердловини, компресори) переобладнується мінімально. Це сприятиме використанню CO₂ як буферного газу з іншими технологіями [4].

Однак використання Олишівського ПСГ для CO₂ має виклики: геохімічні реакції, витoki чи мікробіологічні процеси. Глибина 560 м робить CO₂ менш ефективним у надкритичному стані (ідеально >800 м). Потрібні заходи для герметичності, модернізація від корозії та моделювання ризиків. Економічно: витрати на транспорт, інфраструктуру та регуляторні бар'єри за українським законодавством. Рекомендуються пілотні проекти для тестування, оскільки досвіду CCS в Україні немає [4].

Перспективи Олишівського ПСГ для CO₂ встановлюватимуться економічними потребами. Воно може стати частиною системи CCS, зменшуючи викиди промисловості на ~100 млн тонн CO₂ на рік або використовуватись для зберігання CO₂ у суперкритичному стані. Потрібні інвестиції в дослідження, співпраця з ЄС та оновлення законодавства. Загалом, це може посилити енергетичну незалежність України або глобальну боротьбу з кліматичними змінами [26].

4.4.4. Зберігання гелію

Зберігання гелію в підземних сховищах є важливим для збереження цього рідкісного ресурсу, який видобувається як побічний продукт з природного газу і використовується в промисловості, медицині та науці. Підземні сховища, подібні до тих, що застосовуються для природного газу, дозволяють накопичувати гелій у виснажених родовищах чи соляних кавернах, де він закачується під тиском для довгострокового утримання. У світі вже реалізовано проекти, наприклад, у США, де гелій зберігається в підземних резервуарах, таких як родовище Кліфсайд у Техасі, для запобігання втратам і забезпечення стабільних поставок. В Україні цей підхід може інтегруватися з існуючою газовою мережею, сприяючи ефективному управлінню ресурсами та зменшенню залежності від імпорту, оскільки гелій є ресурсом з обмеженими запасами [27].

Найбільш оптимальними породами для зберігання є пісковики або вапняки з високою пористістю. Структура має бути розташована в стабільних осадових басейнах з антиклінальними складками з надійними покришками. В сховищах, створених у водоносних пластах, необхідна достатня пористість для накопичення, що повинна перевищувати 10–15% (оптимально >20%). Проникність резервуарів — 10–1000 мД для колектору, покришок — <1 мД, щоб уникнути витоків. Глибина становить 500–4500 м для достатнього тиску (>5 МПа) та утримання газу. Температура — 20–100 °С. Гелій має високу мобільність, породи не мають його пропускати (уникати сланців як покришки), повинні мати низьку залишкову насиченість [36].

Використання Олишівського ПСГ для гелію пов'язане з викликами, такими як висока рухливість гелію, який може мігрувати через пори та водоносні пласти, призводячи до втрат або забруднення. Глибина 560 метрів є достатньою для тиску, але вимагає додаткових заходів для герметичності, оскільки гелій легший за інші гази і може просочуватися до поверхні через водоносні шари. Економічні аспекти включають витрати на модернізацію обладнання для запобігання корозії та регуляторні бар'єри, як дозволи за Кодексом про надра України. Дослідження рекомендують пілотні проекти для тестування ризиків, оскільки в таких структурах гелій може взаємодіяти з породою та водою, ускладнюючи утримання [28].

Перспективи використання Олишівського ПСГ для зберігання гелію в Україні можуть виглядати обнадійливо, при умовах дефіциту гелію та потреби в ефективному управлінні його запасами. Це сховище може стати частиною національної системи для промислових потреб, допомагаючи зберегти ресурс для високотехнологічних галузей. Для реалізації потрібні інвестиції в дослідження, співпраця з міжнародними партнерами та оновлення законодавства. В цілому, перехід до зберігання гелію в Олишівському ПСГ може посилити ресурсну незалежність України та сприяти глобальним зусиллям з раціонального використання рідкісних газів [29].

4.4.5. Зберігання азоту

Зберігання азоту в підземних сховищах є перспективним для оптимізації газових резервуарів, де азот часто використовується як буферний газ для підтримки тиску та об'єму, замість дорогого природного газу. Підземні сховища, подібні до тих, що застосовуються для природного газу, дозволяють закачувати азот у виснажені родовища чи соляні каверни, де він допомагає забезпечувати ефективне видобування робочого газу. У світі вже реалізовано проекти, наприклад, у Франції та США, де азот як інертний газ зменшує витрати на створення буферного газу, який становить 20-70% від загального об'єму сховища. В Україні цей підхід може інтегруватися з існуючою газовою мережею,

сприяючи економії ресурсів та підвищенню ефективності ПСГ, особливо в структурах, створених у водоносних пластах, де азот може замінити частину природного газу без значних втрат [30].

Найбільш прийнятними породами для зберігання азоту є пористі осадові породи, зокрема пісковики та певні види вапняків, що мають високу пористість і проникність. Важливо, щоб структура була стабільною, розташовувалась у зоні з відсутністю активних тектонічних розломів, що забезпечує геомеханічну безпеку і запобігає витокам газу. Пористість порід рекомендована 15-20% і більше, щоб мати достатній об'єм для азоту, який має низьку щільність. Проникність має бути в межах від 50 до 1000 мД, щоб забезпечити ефективний потік газу при закачуванні і відборі, уникаючи надмірних втрат через дифузію, враховуючи високу рухливість азоту. Оптимальні глибини розміщення підземних сховищ азоту складають приблизно від 400 до 1800 метрів, що дозволяє підтримувати достатній тиск (понад 4-6 МПа) для газоподібного стану азоту і забезпечує механічну стійкість колектора. Температурні умови зазвичай коливаються в межах 25-70°C, щоб мінімізувати геохімічні реакції між газом і породою [38].

Використання Олишівського ПСГ для азоту пов'язане з викликами, такими як дифузія, що знижує якість витягнутої суміші та вимагає додаткової сепарації на поверхні. Глибина 560 метрів є достатньою, але вода та розчинені в ній йони можуть впливати на дифузію, ускладнюючи контроль, що може призводити до втрат через міграцію. Економічні аспекти включають витрати на модернізацію обладнання для запобігання корозії та регуляторні бар'єри, як дозволи за Кодексом про надра України [31].

4.4.6. Ліквідація

Ліквідація підземних сховищ газу, таких як Олишівське, передбачає процес закриття об'єкта з відновленням геологічного середовища, демонтажем поверхневої інфраструктури та забезпеченням екологічної безпеки, відповідно до норм Кодексу про надра України та міжнародних стандартів. Цей підхід

застосовується до сховищ з низькою ефективністю, створених у структурах з проблемами герметичності чи високими витратами на утримання. У світі ліквідація ПСГ відбувається рідко, але розглядається для виснажених або ризикованих об'єктів [25].

Переваги ліквідації Олишівського ПСГ включають зменшення експлуатаційних витрат на утримання старої інфраструктури (компресори, свердловини з високим зносом понад 30 років), звільнення ресурсів для інвестицій у ефективніші об'єкти та зниження екологічних ризиків. Це також може сприяти перерозподілу персоналу та обладнання на інші ПСГ, зменшуючи монопольну залежність від державних коштів, і відкрити можливості для альтернативного використання ділянки, наприклад, для геотермальної енергії чи екологічного відновлення. У контексті війни ліквідація мінімізує ризики пошкоджень від обстрілів, як у 2022 році, та сприяє оптимізації національної мережі [25].

Недоліки ліквідації Олишівського ПСГ полягають у втраті частини загальної ємності (близько 1% від національної), що може суттєво послабити енергетичну безпеку центрального регіону, включаючи Київ, під час пікових навантажень чи надзвичайних ситуацій. Витрати на саму ліквідацію, включаючи демонтаж, моніторинг забруднення та відновлення водоносних характеристик пласту, можуть сягати мільйонів доларів, з ризиками геохімічних змін, як взаємодія з водою чи міграція газу. Крім того, це зменшить потенціал для європейського транзиту та зберігання, де українські ПСГ становлять 22% європейської ємності, і може ускладнити перехід до "зеленої" енергетики без альтернативних об'єктів. Відсутність досвіду в Україні з повною ліквідацією ПСГ додає регуляторні та технічні бар'єри [25].

4.5. Прогнозування перспектив експлуатації

Опираючись на аналіз результатів ГДС, створені картографічні матеріали, результати моделювання та аналізу варіантів використання сховища, можна

зазначити що варіант з ліквідацією сховища є найменш доцільним через наявність створеної інфраструктури та відносно зручні геологічні умови для експлуатації. Відповідно, ПСГ може використовуватись для зберігання природного газу, водню, вуглекислого газу, азоту, гелію тощо. Порівняння оптимальних та фактичних параметрів для підземного зберігання різних газів зазначено в таблиці 4.1.

Найбільш доцільними варіантами є використання сховища для зберігання природного газу та водню.

Таблиця 4.1

Порівняння варіантів зберігання газових речовин в Олишівському ПСГ

Варіант зберігання	Літологія		Пористість		Проникність		Глибина	
	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична	Оптимальна	Фактична
H ₂	Пісковики	Пісковики	20%+	26.0-30.5	1000	750-2000	300-2000	551-568
CO ₂	Пісковики, вапняки		15%+		1000-2000		800-3500	
He	Пісковики, вапняки		20%+		1000		500-4500	
N ₂	Пісковики, вапняки		20%+		1000		400-1800	

Найбільш доцільним варіантом експлуатації є продовження експлуатації в якості ПСГ. Нині даний варіант має єдиний основний недолік – відносно високі пластові втрати внаслідок літологічної неоднорідності пласту і локальних знижень проникності та пористості, внаслідок чого ГВК розповсюджується по структурі незаплановано і може виходити за межі ізогіпси -443 м. Для вирішення даної проблеми потрібно підвищити пластові тиски у потенційних місцях латеральних витоків газу, що теоретично можна вирішити шляхом закачування у сусідні Красилівську та Хрещатинську структури азоту, чому сприяє наявність свердловин у куполі Хрещатинської структури. В такому випадку, латеральним витокам природного газу (чи іншого ресурсу, що буде зберігатись у сховищі), буде запобігати збільшений за межами структури пластовий тиск, ГВК ймовірно буде проходити більш заплановано і співставлятись з ізогіпсами покрівлі пласта-колектора. Однак, для прогнозування експлуатації після закачування азоту у

сусідні структури, потрібно проводити додаткові роботи, що полягають у вимірах пластових тисків всіх наявних свердловин, розрахунку пластових тисків, взяття проб пластової води та водорозчинного газу (на предмет наявності газу у Красилівській та Хрещатинській структурах) тощо.

Другим доцільним сценарієм є зберігання водню завдяки малій глибині 560,5 м, що перевищує мінімальні 305 м для H_2 , з пористістю 35% та проникністю до 2000 мД. Робоча ємність становить 1,7 Мт або 0,6698 ТВт·год, загальна ємність – 3.6 Мт, а буферний газ – 1.9 Мт. Тип резервуару, що створений у водоносному пласті, з бат-байоським пісковиком забезпечує сумісність з H_2 . Воно оцінено в проєкті Hystories EU для зберігання H_2 . Хімічний склад вод відповідного водоносного горизонту не вирізняються значними показниками мінералізації (близько 6000 мг/дм³), актуальний хімічний склад проб води з п'єзометричних свердловин наведений на рисунку 4.19. З діаграми видно, що, в цілому, хімічний склад вод стабільний на різних крилах антикліналі, виділяється лише свердловина 20, в якій дещо підвищений вміст кальцію (подібні показники у свердловині спостерігаються протягом всього періоду спостережень за нею).

Особливо слід зазначити, що існує варіант синергії CO_2 з воднем, де CO_2 може використовуватися як буферний газ для H_2 . Даний варіант є оптимальним, оскільки вуглекислий газ компенсує високу міграційну здатність водню і є більш надійним в якості буферного газу, ніж використання водню водночас як активного та буферного газу.

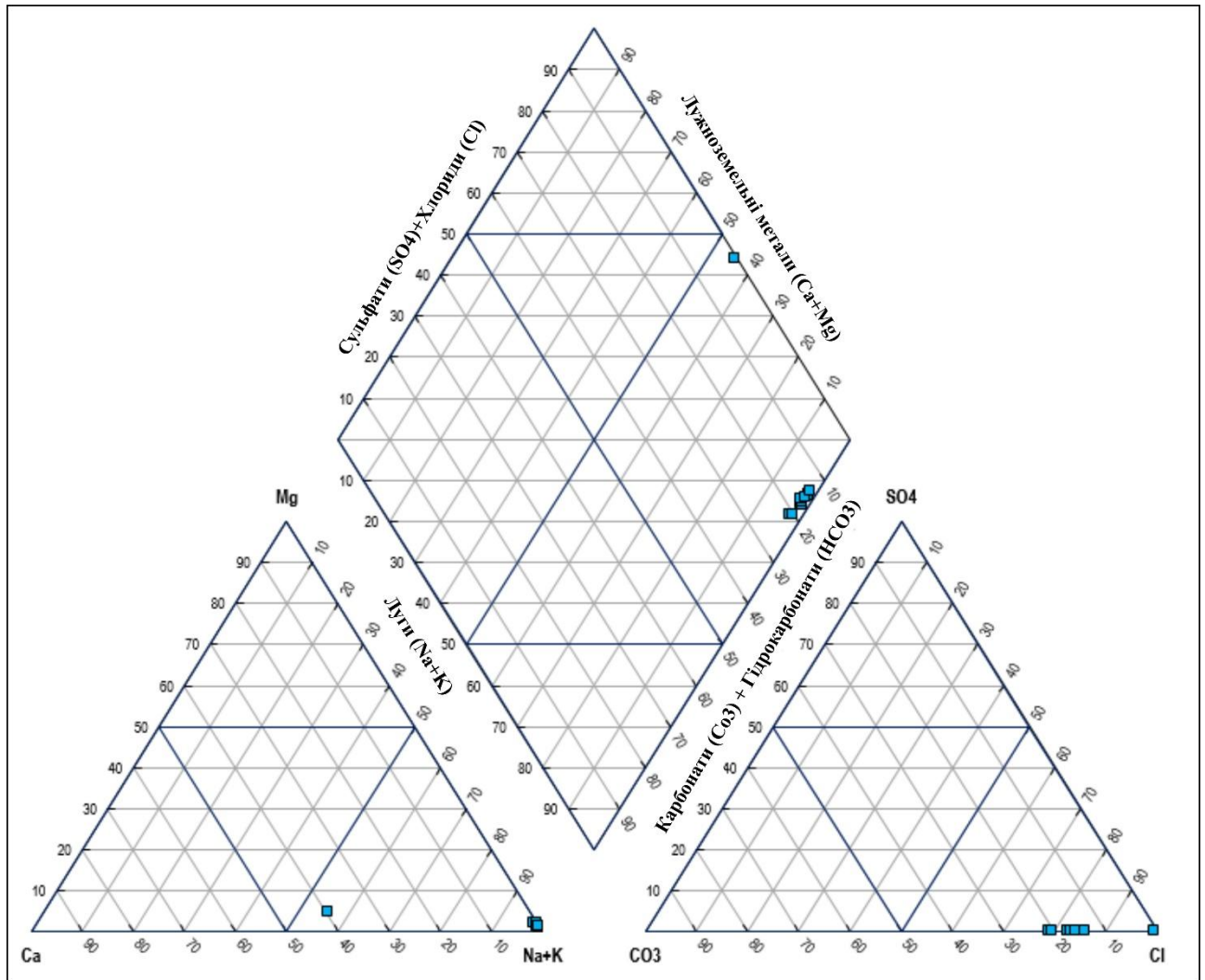


Рисунок 4.21 – Діаграма Пайпера пластових вод пласта-колектора
Олишівського ПСГ

Використання для зберігання вуглекислого газу, гелію та азоту є менш вигідними, оскільки гелій є рідкісним ресурсом та потреба зберігання його у значних об'ємах на даний момент відсутня, зберігання азоту може бути доцільним для використання в процесах видобутку нафти і газу, наприклад обслуговування свердловин (використання під час ГРП або в якості домішок до розчинів) та для підкачування за межі ГВК/НВК у родовищах, що розробляються, для підтримування пластового тиску, однак потреби у масштабному підземному зберіганню азоту відсутня з економічних причин (виготовлення на місці дешевше). Зберігання вуглекислого газу може поєднуватись із зберіганням водню, однак, в цілому, економічні потреби у

масовому підземному зберіганні вуглекислого газу, як і потреби у його захороненні для запобігання кліматичних змін, в Україні нині відсутні (хоча геологічні умови зберігання дозволяють, однак для забезпечення суперкритичного стану CO_2 на Олишівському ПСГ замала глибина та, відповідно, тиск).

ВИСНОВКИ

Під час виконання досліджень було проаналізовано геологічні та геофізичні дані по свердловинах Олишівського ПСГ, систематизовано дані ГДС, побудовано структурні карти та карти параметрів по пласту-колектору, була побудована 3D модель, проаналізовано процеси експлуатації ПСГ в минулому, інші варіанти використання газосховища та складено прогноз найбільш доцільних варіантів експлуатації Олишівського ПСГ.

На підставі виконаних досліджень, можна сформулювати наступні висновки:

Найбільш доцільними варіантами використання Олишівського ПСГ є продовження експлуатації для зберігання природного газу або для зберігання водню.

Продовження зберігання природного газу потребує компенсації літологічних неоднорідностей пласта-колектора шляхом збільшення пластових тисків у сусідніх антиклінальних структурах, наприклад через закачку в них азоту. Даному варіанту сприяє напрацьована роками схема експлуатації та наявність відповідної інфраструктури.

Використання сховища для зберігання водню також є перспективним варіантом, можливо у синергії з вуглекислим газом, де більш дешевий вуглекислий газ виступає в якості буферного, а водень в якості активного газу. Таке поєднання суттєво зменшує ризики латеральних витоків водню із структури, оскільки водень має високу міграційну здатність. Даний варіант також може потребувати збільшення пластових тисків по контуру Олишівської структури, однак для детальних розрахунків потребується виконання робіт по свердловинах Олишівського ПСГ та на Красилівському і Хрещатинському підняттях – вимір рівнів, тисків на гирлі, розрахунок пластових тисків, підрахунок фактично наявного газу на Олишівському ПСГ тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 - Савків Б. Підземне зберігання газу в Україні – основні віхи, досягнення, перспективи // Науковий вісник. – 2004. – Спецвипуск № 2(8). – С. 16–21.
- 2 - Заєць В. О. Моделювання процесу експлуатації підземних сховищ газу / В. О. Заєць, Д. Ф. Тимків // Фізико-технічні проблеми транспорту та зберігання енергоносіїв. – Івано-Франківськ, 2014. – С. 2–5.
- 3 - Чернова О. Т. Аналіз розвитку мережі підземних сховищ газу України // Газова промисловість. – 2017. – № 1 (742). – С. 263–264.
- 4 - Demchuk Y. Geological and Petrophysical Properties of Underground Gas Storage Facilities in Ukraine and Their Potential for Hydrogen and CO₂ Storage / Y. Demchuk, K. Shogenov, A. Shogenova, B. Merson, C. J. Vincent // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, No. 6. – P. 1–25.
- 5 - Екологічний паспорт Чернігівської області / Чернігівська обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів. – Чернігів, 2022. – С. 6–7.
- 6 - Чухлеб О. П. Звіт по роботах з проведення гідрогеологічних досліджень на підземних сховищах газу АТ «Укртрансгаз» (ПМ «Олишівське ПСГ») / О. П. Чухлеб, Д. М. Мірошніченко, А. О. Ковальова. – Харків : ТОВ «Геологічні Системи», 2021. – 30 с.
- 7 - Геологічна карта СРСР масштабу 1 : 200 000, серія Дніпровсько-Донецька, аркуш М-36-VIII : пояснювальна записка. – Київ : М-во геології СРСР ; М-во геології УРСР ; трест «Київгеологія», 1973.
- 8 - Гожик П. Ф. Стратиграфічний кодекс України / П. Ф. Гожик. – 2-ге вид. – Київ : Нац. стратиграф. ком. України, 2012. – 67 с.
- 9 - Гожик П. Ф. Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1 / П. Ф. Гожик. – Київ : Ін-т геол. наук НАН України, 2013. – 661 с.
- 10 - Чухлеб О. П. Звіт по роботах з проведення газогеохімічних та гідрогеологічних досліджень на підземних сховищах газу АТ «Укртрансгаз»

(«Олишівське ПСГ») / О. П. Чухлеб, С. І. Борисенко, Д. С. Атакішиєв, А. О. Ковальова. – Харків : ТОВ «Геологічні Системи», 2019. – 55 с.

11 - Петровський О. Ф. Контроль стану та оптимізація відбору залишків закачаного газу із Олишівського підземного сховища газу за результатами високоточних гравіметричних спостережень та створення постійно діючої 3D моделі / О. Ф. Петровський, Р. Шимко, Р. Вечерик, Т. Петровська, А. Трачук, А. Бороздіна. – Івано-Франківськ : НКТ «Депроіл ЛТД», 2025. – 2 с.

12 - Ulmishek G. F. Petroleum Geology and Resources of the Dnieper-Donets Basin, Ukraine and Russia / G. F. Ulmishek. – Denver : U.S. Geological Survey, 2001. – 17 p. – (U.S. Geological Survey Bulletin ; 2201-E).

13 - Кусов О. І. Тектоніка і стратиграфія Дніпровсько-Донецької западини / О. І. Кусов та ін. // Геолого-мінералогічний вісник. – 2015. – Вип. 42. – С. 61–65.

14 - Григоруk В. І. Геоморфологія басейну річки Десна: монографія / В. І. Григоруk. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 248 с.

15 - Метеопост - Архів погоди [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://meteorpost.com/weather/archive/>

16 - ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – [Чинний від 2016-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2015. – 19 с. – (Національний стандарт України).

17 - Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 103 Науки про Землю (освітньо-професійна програма «Геологія нафти і газу») : метод. рекомендації щодо написання, оформлення та захисту / уклад. О. І. Хріпко, І. М. Фик. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 33 с.

18 - ДСТУ 4068-2002. Звіт про геологічне вивчення надр. Загальні вимоги до побудови, оформлення та змісту. – [Чинний від 2003-07-01]. – Київ : Держстандарт України, 2002. – 12 с. – (Національний стандарт України).

19 – Основна інструкція користувача «ГеоПошук 9» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geopoisk.com/data/doc/geopoisk9.pdf>

- 20 - Білецький В. С. Основи транспорту природних вуглеводнів : підручник / В. С. Білецький, М. І. Фик ; за заг. ред. І. М. Фика. – 2-ге вид. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. – 274 с.
- 21 - Білецький В. С. Історія та перспективи нафтогазовидобування : навч. посіб. / В. С. Білецький, Г. І. Гайко, В. М. Орловський. – Київ : ФОП Халіков Р. Х., 2019. – 302 с.
- 22 - Аналіз розвитку мережі підземних сховищ газу України / О.Т. Чернова // Розробка родовищ: Зб. наук. пр. — 2014. — Т. 8. — С. 261-276.
- 23 - Орловський В. М. Технологія розробки газових і газоконденсатних родовищ : підручник / В. М. Орловський, В. С. Білецький, В. Г. Вітрик, В. І. Сіренко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 384 с.
- 24 - Кудря С. О. Світовий досвід та перспективи підземного зберігання водню в надрах України / С. О. Кудря, А. А. Толкунов // Відновлювана енергетика. – 2024. – № 3. – С. 82–88.
- 25 - Iwaszczuk N. Underground Gas Storage Facilities in Ukraine: Current State and Future Prospects / N. Iwaszczuk, I. Zapukhliak, A. Iwaszczuk, O. Dzoba, O. Romashko // Energies. – 2022. – Vol. 15, No. 18. – P. 6604.
- 26 - Cauchois G. Blue H₂ and CCUS in Ukraine / G. Cauchois, M. Venugopal, O. Gassan-zade, H. Kornienko, B. Beck. – Washington, DC : World Bank, 2022. – 184 с.
- 27 - Reitsma M. How the threat of military conflict created a successful helium storage project // Gasworld. – 2024. – July 5. – Режим доступу: <https://www.gasworld.com/story/how-the-threat-of-military-conflict-created-a-successful-helium-storage-project/2151985.article/>.
- 28 - Lerner L. Underground helium travels to the Earth's surface via aquifers, new study says // News. University of Chicago. – 2014. – December 5. – Режим доступу: <https://www.anl.gov/article/underground-helium-travels-to-the-earths-surface-via-aquifers-new-study-says>
- 29 - Helium rich gas reserves: A guide to effective management // Critical Raw Materials. – 2023. – 26 May. – Режим доступу:

<https://www.innovationnewsnetwork.com/helium-rich-gas-reserves-a-guide-to-effective-management/32034/>

30 - Foh S. E. The use of inert gas as cushion gas in underground storage: Practical and economic issues // Gas Supply Planning and Management: 1991 and Beyond : proc. of the conf., Lake Buena Vista, Florida, Feb. 25–27, 1991. – Chicago : Institute of Gas Technology, 1991. – 16 p.

31 - Kim J. Comparison of nitrogen and carbon dioxide as cushion gas for underground gas storage reservoir / J. Kim, J. Choi, K. Park // Journal of Energy Storage. – 2020. – Vol. 32. – Art. 101753. – 10 p.

32 - Cappellani C. Hydrogen underground storage: status of technology and perspectives / C. Cappellani. – Hydrogen Portal, 2022. – 26 p.

33 - Baek S. Enhancing Site Screening for Underground Hydrogen Storage: Qualitative Site Quality Assessment / S. Baek, L. Hibbard, N. J. Huerta [et al.]. – Richland, WA : Pacific Northwest National Laboratory, 2024. – 53 p.

34 - Carbon dioxide capture and storage : IPCC special report / prep. by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change ; eds. B. Metz, O. Davidson, H. de Coninck, M. Loos, L. Meyer. – Cambridge : Cambridge University Press, 2005. – 443 p.

35 - Rasool M. H. Selecting Geological Formations for CO₂ Storage: A Comparative Rating System / M. H. Rasool, M. Ahmad, M. Ayoub // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, No. 8. – Art. 6599. – 39 p.

36 - Звіт по роботах з проведення газогеохімічних та гідрогеологічних досліджень на підземних сховищах газу АТ "Укртрансгаз" ("Олишівське, Червонопартизанське, Солохівське ПСГ") – Харків: ТОВ "Геологічні Системи", 1999. – 78 с.