

## КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОЛОГІЧНІЙ ПЕРЕІНТЕРПРЕТАЦІЇ МАТЕРІАЛІВ ГДС

**Юрій Віхоть<sup>1,3</sup>, Ігор Бубняк<sup>2</sup>, Соломія Кріль<sup>3,1</sup>, Віталій Фурман<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Грушевського, 4, Львів, Україна, 79005  
e-mail: yuriy.vikhot@lnu.edu.ua

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Карпінського, 6, Львів, Україна, 79013  
e-mail: ihor.m.bubniak@lpnu.ua

<sup>3</sup>УкрНДІгаз, АТ «Укргазвидобування»,  
вул. Стрийська, 144, Львів, Україна, 79000  
e-mail: solia\_kr@ukr.net

Сучасну переінтерпретацію давніх паперових свердловинних даних за різними типами каротажу Західного нафтогазоносного регіону неможливо якісно виконати без застосування спеціалізованого програмного забезпечення або програмних модулів. У статті продемонстровано способи застосування комп'ютерних технологій для оцифрування, зберігання й візуалізації архівних паперових даних свердловин і всіх доступних паперових матеріалів геофізичного дослідження свердловин.

Метою статті є схарактеризувати сучасне доступне програмне забезпечення для оцифрування, зберігання графіків параметрів каротажу давніх свердловин із перспективних нафтогазоносних ділянок. Сформулювати основні переваги й недоліки програмних модулів і вирішити проблеми, що виникають під час оцифрування давніх свердловинних даних, і подальшого їх використання для переінтерпретації в програмах геологічного моделювання.

Завданням і новизною є визначити доступне програмне забезпечення для швидкого та якісного оцифрування й візуалізації паперових графіків параметрів каротажу, отриманих із різних ділянок Карпатської та Передкарпатської нафтогазоносної ділянок, оскільки цифрові свердловинні дані важливі для побудови регіональних глибинних розрізів, уточнення глибинної геологічної будови району досліджень і планування подальших досліджень із пошуку вуглеводнів.

Оцифрування матеріалів давніх паперових свердловинних даних, візуалізація графіків параметрів каротажу, створення баз даних по таких свердловинах із використанням комп'ютерних технологій дають змогу доповнити 3D геологічну модель родовища та заново переінтерпретувати матеріали геофізичних досліджень свердловин із мінімальними затратами й з урахуванням особливостей глибинної будови за новими свердловинними цифровими даними сучасних геолого-технологічних досліджень. Сучасна переінтерпретація навіть давніх і нових свердловинних даних є важливою для формування комплексних моделей з метою пошуку перспективних ділянок для першочергових детальних досліджень.

*Ключові слова:* свердловинні дані, каротаж, оцифрування, ГДС, графіки параметрів каротажу, NeuraLog, Mud logging.

Сьогодні сучасна світова нафтова й газова промисловість зіштовхується з основними проблемами, пов'язаними з недостатнім фінансуванням на дорозвідку та пошуки вуглеводнів, тому контроль над витратами й переінтерпретація наявних геологічних, геофізичних матеріалів стають значним фактором, що впливає на конкурентоспроможність нафтових

і газовидобувних компаній. Завдяки розвитку цифрових технологій нафтова та газова промисловість сподівається досягти зниження витрат, але водночас збільшення ефективності завдяки швидкій і якісній цифровій трансформації та переінтерпретації наявних матеріалів із нафтогазоносних регіонів. Давні свердловинні дані, які отримані методами геофізичного дослідження свердловин (далі – ГДС) і яких є достатньо багато за всі роки буріння свердловин у Карпатській і Передкарпатській нафтогазоносних ділянках Західного нафтогазоносного регіону, потребують оцифрування й сучасної переінтерпретації.

ГДС (каротаж, або промислова геофізика), результатом якого є отримання свердловинних даних із характеристиками геологічного середовища в навколосвердловинному та міжсвердловинному просторах і вздовж усього розрізу свердловини, є важливою ключовою технологією в нафтогазовій, геотехнічній, мінеральній, підземній, геотермальній та інших споріднених галузях. Результати геофізичного дослідження свердловин, що є невід’ємним під час пошуку й розвідки як нафти й газу, так і води в гідрогеологічних свердловинах і контролюють увесь процес буріння свердловин, записували у вигляді графіків каротажних кривих [6; 9; 14; 16].

У час розвитку інформаційних і комп’ютерних технологій, прогресивного впровадження їх у геологічну, геофізичну галузь, а головне, браку значних ресурсів у геологічних галузях постала потреба швидкісного та якісного оцифрування нафтовими й газовидобувними компаніями низки паперових матеріалів свердловин минулих десятиліть із нафтогазоносних регіонів України, зокрема Західного, у межах Українських Карпат, Передкарпатського прогину. Цифровий варіант свердловинних даних потрібний для створення інформаційних комп’ютерних баз даних, уточнення стратиграфічних розбивок по свердловинах, проведення відповідних кореляцій між уже наявними пробуреними свердловинами, розширеного аналізу й геологічної переінтерпретації даних у комплексі із сучасними матеріалами, що отримані по нових свердловинах під час аналізу на станціях геолого-технологічних досліджень (далі – ГТД) з використанням автоматизованого спеціалізованого програмного забезпечення, що застосовується під час буріння свердловин на всіх етапах – від моніторингу й аж до відкриття продуктивних пластів горизонтів.

Геофізичні дослідження свердловин електричними, магнітними, електромагнітними, радіоактивними, акустичними, термічними й іншими методами проводили та проводять на всіх етапах буріння свердловин для видобутку корисних копалин. Каротаж під час буріння є основою для визначення пористості, проникності, наявності й характеру тріщинуватості, реєстрації фізико-хімічних параметрів (температура, тиск, гамма-випромінювання, питомий опір тощо), глибини залягання водоносних горизонтів, нафтогазоносних пластів тощо. Отримані результати допомагають під час побудови й уточнення моделей глибинної геологічної будови в межах досліджених ділянок та аналізу зміни складу, структури геологічного середовища з глибиною, оцінювання інтервалів перспективних ділянок щодо насичення вуглеводнями, потужності нафтогазоносних пластів тощо [5; 6; 9–11; 14; 16; 17].

Промислова геофізика сучасних нафтових і газовидобувних компаній, що виконують роботи, пов’язані з пошуком і розвідкою вуглеводнів, відповідно, з вивченням глибинної геологічної будови, широко застосовують спеціальне програмне забезпечення для реєстрації, візуалізації в режимі реального часу свердловинних даних, отриманих за різними методами ГДС упродовж усього процесу буріння свердловин [5; 6; 9–11; 14; 16; 17].

Геофізичне дослідження свердловин сучасними методами не потребує оцифрування каротажних діаграм, оскільки запис у більшості випадків здійснюється автоматично під час буріння з використанням сучасних комп’ютеризованих станцій ГТД, які запропоновані вперше як комерційна послуга лише в 1939 р. [7; 11; 17; 21]. Світові геофізичні нафтові та сервісні компанії використовують автоматизовану систему реєстрації цифрових свердловинних даних на всіх етапах геофізичних досліджень під час буріння за

допомогою сучасного обладнання й ліцензованого програмного забезпечення, яке в разі збільшує продуктивність виведення графіків параметрів каротажу в цифрових форматах даних [7; 11; 17; 21]. Часто такі нафтові та газовидобувні компанії використовують власне чи наявне програмне забезпечення на станціях або користуються послугами сервісних компаній, що збирають та аналізують усю геолого-геохімічну, геофізичну й технологічну інформацію в режимі реального часу з метою підвищення якості буріння, ефективного розкриття пластових горизонтів і контролю стану свердловини впродовж буріння.

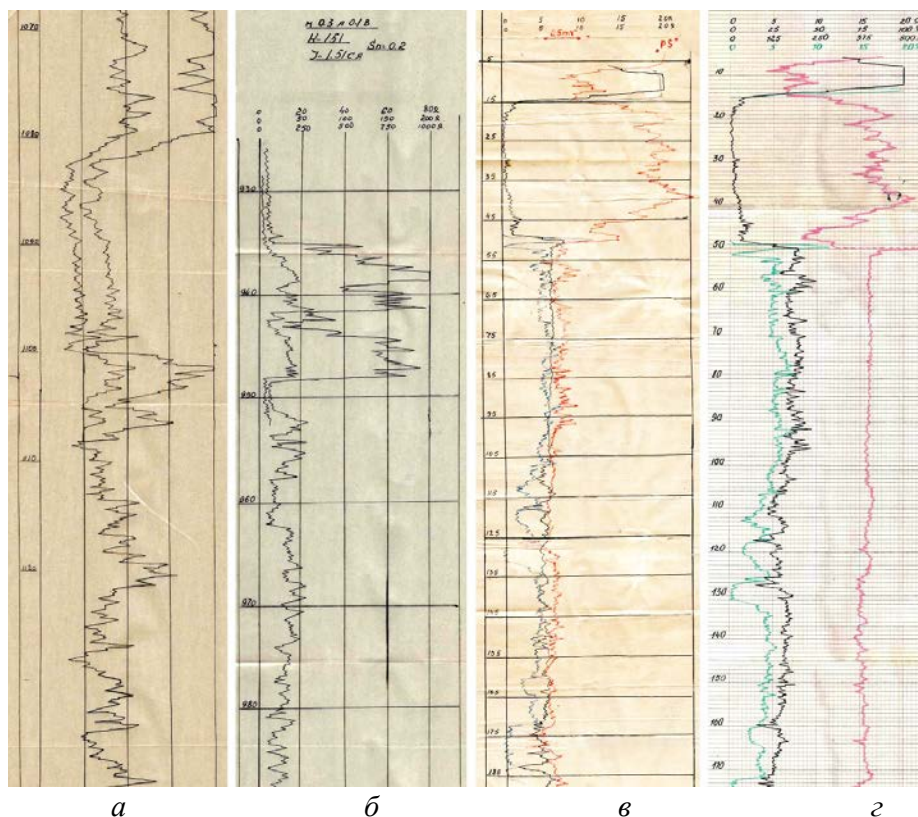
Сучасне досягнення в обчислювальних, мережних і комп'ютерних системах, поява різноманітних удосконалених датчиків переносять технологію каротажу у XXI століття [5–7; 9; 10; 11; 14; 16; 17; 21]. Сьогодні ще більше датчиків ведуть до блоку реєстрації, кожен із яких отримує дані з частотою кілька разів на секунду. Каротаж свердловин як процес вимірювання різних властивостей гірських порід уздовж свердловини включає низку досліджень різних параметрів, зважаючи на те що не так давно (середина-кінець XX ст.) у нафтовій і газовидобувній промисловості під час буріння свердловин почали застосовувати цифрові засоби фіксації й реєстрації параметрів та інші дослідження на станціях ГТД, багато кривих Карпатської та Передкарпатської нафтогазоносних ділянок і загалом цілого Західного нафтогазоносного регіону є у вигляді паперових графіків параметрів каротажу або в кращому випадку сканованих зображень.

Мета статті – схарактеризувати сучасне доступне програмне комп'ютерне забезпечення для оцифрування й візуалізації геофізичних свердловинних даних по типах каротажу – різних кривих (зондів), отриманих методами ГДС доступними програмними модулями; викласти переваги й недоліки оцифрування графіків параметрів каротажу цими програмами; проаналізувати доступне програмне забезпечення, за допомогою якого найкраще виконувати оцифрування, зберігання паперових свердловинних даних різних нафтогазоносних ділянок Українських Карпат, Передкарпатського прогину в межах Західного нафтогазоносного регіону, який залишається найголовнішим газовидобувним регіоном України та найстарішим за часом відкриття промислових родовищ вуглеводнів, сьогодні становить неабиякий інтерес для нарощування обсягів нафто- і газовидобування.

Оскільки існує проблема, яка полягає в тому, що низка каротажних діаграм по території Західного нафтогазоносного регіону в межах Українських Карпат і Передкарпатського прогину, виконаних раніше (кінець XX ст.), є паперовими, для аналізу каротажних кривих потрібне їх першочергове оцифрування із застосуванням комп'ютерних інформаційних технологій. Крім того, усі ці нафтогазоносні ділянки по-різному розбурені, нерівноцінні за вивченістю й наявністю як цифрових, так і паперових каротажних кривих, але досі залишаються потенційними ділянками для пошуку й розвідки вуглеводнів. У статті запропоновано способи оцифрування кривих каротажу свердловин різним програмним забезпеченням відповідно до графіків параметрів каротажу свердловин.

Більшість графіків параметрів каротажу відображали на папері до того, як прилади цифрового каротажу почали широко застосовуватися на нафтових і газових родовищах. Питання постійного зберігання графіків параметрів та ефективного використання свердловинних даних, що містять каротажні криві, досі залишаються відкритими в нафтогазовій промисловості.

Низка даних ГДС по різних типах каротажу нафтових і газових свердловин Західного нафтогазоносного регіону, що виконані десятки років назад багатьма організаціями та які були основою для побудови геологічного розрізу, оцінювання й підрахунку запасів нафти й газу та контролю розробки нафтових і газових родовищ, дійшла до нас у вигляді паперових, як правило, кількаметрових (залежно від глибини й масштабу представлення даних) каротажних кривих, частина з яких є погано збереженими (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Стан матеріалів ГДС із каротажними кривими (зондами) Карпатської нафтогазоносної провінції на прикладі 1949 р. (а, б – бокове каротажне зондування; в, г – стандартний каротаж)

До широкого використання цифрових каротажних приладів дані каротажу відображалися на графіку параметрів у форматі кривих, які мають низку недоліків. Серед значних недоліків – великий розмір паперових матеріалів (у більшості від кількох метрів), проблема в скануванні нестандартного формату зображень, великий об’єм пам’яті, якщо зображення вже якісно зіскановане та збережене в растрових графічних форматах, або надто багато кривих на одному графіку з різними масштабами по параметрах, що унеможливає швидкий аналіз і зіставлення даних. Проте найсуттєвішим недоліком є різний масштаб цих кривих навіть з однієї свердловини, наприклад, різних років, що без оцифрування неможливо ефективно аналізувати, зіставляти й корелювати за певними параметрами. Крім того, дуже часто відсутні зведені каротажні діаграми, а є декілька поінтервальних, виконаних у різних масштабах і з різною детальністю, що створює додаткові проблеми під час аналізу й зіставлення даних із них.

Комплекс виконаних промислово-геофізичних досліджень під час буріння свердловин на станціях ГТД використовував методи стандартного, мікробокового, бокового, індукційного, радіоактивного, акустичного каротажів, кавернометрію, термометрію, мікрокаротаж тощо, які часто зображали у вигляді декількох кривих із різними масштабними лініями (рис. 3).



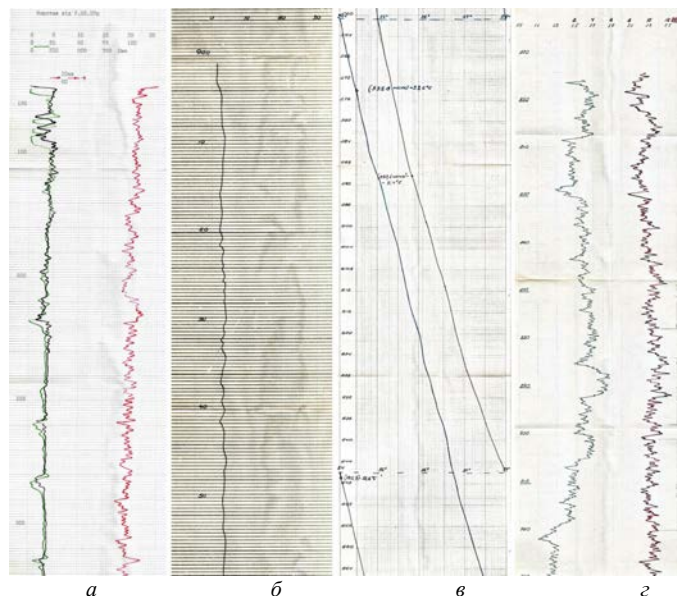


Рис. 2. Фрагменти сканованих матеріалів ГДС з однією або декількома каротажними кривими для свердловин різних років Західного нафтогазоносного регіону (а – стандартний каротаж, 1957 р.; б – бокове каротажне зондування, 1958 р.; в – термокаротаж, 1976 р.; з – гамма-каротаж і нейтронний гамма-каротаж, 1979 р.)

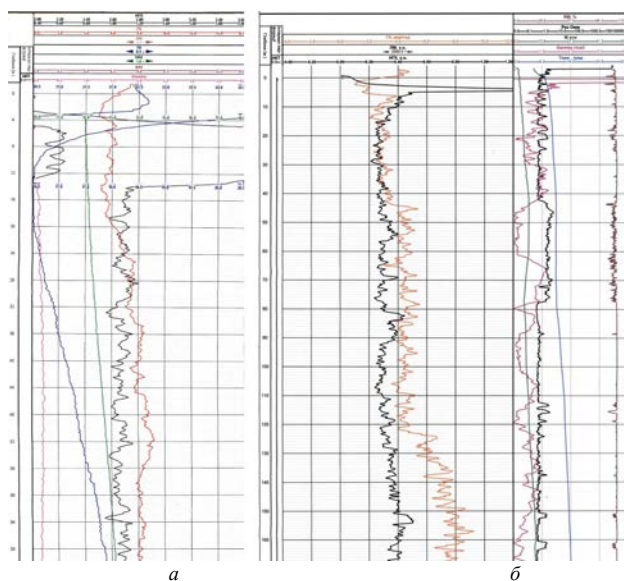


Рис. 3. Приклади деяких діаграм ГДС контролю з комплексним нанесенням кривих параметрів каротажу під час геолого-технологічних досліджень після 2000 р. в межах Передкарпатської нафтогазоносної ділянки (а – 2005 р.; б – 2017 р.; деякі скорочення на рисунку: гамма-каротаж (ГК), нейтронний гамма-каротаж (НГК), бокове каротажне зондування (БКЗ), боковий каротаж (БК), термокаротаж (ТК))

**Універсальні формати запису та зберігання даних каротажу.** Цифровий варіант даних каротажу по свердловинах у спеціальних універсальних форматах міг бути лише в тих компаній, які використовували спеціальне програмне забезпечення під час буріння свердловин у комплексі з датчиками, які були на ГТД. Інколи свердловинні дані оцифровували й уносили як у бази даних, так і в інші програми під час 3D моделювання на конкретному родовищі чи в межах ліцензованої ділянки. Через комерційну таємницю цифрові свердловинні каротажні дані в таких форматах часто залишаються недоступними.

За допомогою датчиків, які розміщуються в свердловинах, реєструються дані, що записуються у файли журналів з метою моніторингу зміни параметрів під час ГДС. У нафтогазовій промисловості використовуються різні формати для зберігання й обміну даними каротажу свердловин. Найпоширенішими форматами є файли LAS і DLIS (формати \*.las, \*.dlis), які є файлами журналу, створеними датчиками, і використовуються для обміну цифровими даними каротажу свердловин. Крім того, сьогодні різні пакети програмного забезпечення можуть використовувати універсальний формат під час оцифрування й реєстрації каротажних кривих або створювати власні, додаючи нові типи даних завдяки використанню збільшеної кількості датчиків для розширення кількості досліджених параметрів під час ГДС контролю.

Один із найдавніших форматів, у які записуються файли даних журналу під час буріння свердловини, є формат DLIS (Digital Log Information Standard). Це галузевий стандартний формат, який розробив наприкінці 1980-х рр. Комітет стандарту промислових даних каротажу (Logging Industry Data Standard), компанія Schlumberger і запровадив 1 травня 1991 р. як Рекомендовану практику 66 (Recommended Practice 66) Американський інститут нафти (American Petroleum Institute) для створення стандартизованого формату даних каротажу [2]. Цей формат, який досі використовують для обміну даними каротажних діаграм, призначений для зберігання даних каротажу в стандарті Digital Log Interchange так, щоб їх було легко читати, записувати й обмінюватися ними між різними системами, але за умови наявності спеціального пакета петрофізичного програмного забезпечення для його читання, оновлення й опрацювання.

Файли DLIS містять набір логічних записів, які описують дані каротажу та його характеристики, одиниці вимірювання й розташування даних у свердловині, а фактичні дані журналу зберігаються в окремих двійкових файлах і на них посилаються логічні записи [2]. З файлами DLIS важко працювати, оскільки їх неможливо відкрити в стандартному текстовому редакторі, що може перешкодити розумінню того, що в них міститься. Формат файлу DLIS іноді може бути складним і незручним у роботі, тому що розроблений уже 30 років і містить велику кількість метаданих, пов'язаних зі свердловиною та даними. Проте для перегляду повної структури чи внесення змін у параметри вже потрібно використовувати додаткові програми, наприклад, DlisBrowser і HexEdit 4.0 (безкоштовна) [8].

Іншим більш поширеним форматом є LAS (Log ASCII Standard), який став загальноприйнятим у галузевому стандарті для електронної передачі цифрових каротажних даних у світі. Попередні цифрові формати зазвичай кодувалися у двійковій формі, тому для їх читання вимагалось спеціальне програмне забезпечення. Завантажувати й переглядати дані із цього формату можна за допомогою блокнота, надалі експортувати у формат CSV.

Формат LAS став популярним у всьому світі, його запровадило Канадське товариство каротажу свердловин (Canadian Well Logging Society) [3; 4] у 1989 р. для стандартизації організації інформації цифрової кривої каротажу. Першою версією була версія 1.2, наступною – 2.0 (вересень 1992 р.), яку розробили для усунення деяких невідповідностей. Більш універсальна версія LAS 3.0 розроблена в 1999 р., однак LAS 2.0 залишається домінуючою. LAS 3.0 уточнює кілька погано визначених специфікацій LAS 2.0 й надає

розширені можливості зберігання даних, хоча має обмежене впровадження. Файли LAS мають плоску структуру з розділом заголовка, що містить метадані про свердловину та файл, що містять стовпці, які відображають значення для кожної кривої каротажу.

Сьогодні існує низка програмного забезпечення для оцифрування каротажних діаграм, що використовують нафтогазоносні компанії світу. Більшість із них мають комерційне призначення. Проте деякі розробники надають короткотермінові ліцензії для ознайомлення, а інші дають змогу придбати програмне забезпечення тільки для академічних цілей. Майже всі програми працюють під найпоширенішими операційними системами Windows, Linux, Mac OS X тощо. Крім того, необхідно відзначити, що отриманий результат опрацювання й інтерпретації свердловинних даних безпосередньо залежатиме від якості сканованих вихідних свердловинних даних, тому потрібно врахувати, що оцифрування каротажу має проводитися в такому спеціалізованому програмному забезпеченні, щоб запобігти погіршенню якості матеріалу.

***Програми для оцифрування, зберігання й аналізу кривих каротажу й інших матеріалів ГДС.*** Лідером у розробці програмного забезпечення для оцифрування, обробки, редагування свердловинних даних для нафтової та газової промисловості й для сканування каротажних кривих нестандартного розміру є компанія NeuraLog Inc. [15].

Програмний пакет цієї компанії – NeuraLog – є одним із найкращих для оцифрування кривих каротажу з паперового оригіналу або сканованих зображень, що містять криві каротажу. Програма працює під операційною системою Windows. Усі програмні модулі компанії NeuraLog Inc. призначені для комерційного використання.

NeuraLog перетворює відскановані паперові каротажні діаграми в придатні для використання цифрові свердловинні дані (у файлових форматах \*.las 2.0) у геологічних програмах моделювання. NeuraLog дає змогу здійснювати автоматизоване оцифрування, поліпшення якості, редагування й перевірку каротажних кривих. Крім того, у цьому пакеті можна вносити необхідну інформацію про каротаж: відомості про площу буріння, дані про свердловину (координати, глибину, масштаб), дату замірів, початку й закінчення буріння, тип і номер радіоактивного джерела, тип зонда, дані про оператора тощо. Крім того, програма NeuraLog підтримує й давніші формати файлів \*.las, наприклад 1.2, а також зберігає цілий проект у форматі NeuraLog file – \*.nlx.

Серед незначних недоліків програми є те, що через фонову сітку каротажу часто зупиняється автоматичне відстеження кривої, тому видалення в місцях перетину фонові сітки є рекомендацією перед процесом оцифрування кривих каротажу в програмі NeuraLog. Проте можна оцифрувати й напівавтоматичним способом. Програма також дає змогу оцифрувати криві поінтервально, навіть із додаванням декількох шкал для кожного виду кривої каротажу, а також робить автоматичну горизонтальну та вертикальну сітку.

Оцифровані й візуалізовані дані по свердловинах Карпатської нафтогазоносної провінції найкраще зберігати у форматі LAS 2.0 (\*.las) (рис. 4), які можна навіть переглянути й дещо відредагувати в блоктоті (рис. 5), а надалі ці дані можуть бути представлені в інших програмах геологічного моделювання завдяки універсальному формату даних. Компанія NeuraLog Inc. також пропонує й інші програми, такі як NeuraMap, NeuraSection, NeuraView, NeuraDesktop [15]. Наприклад, NeuraMap працює із цифровими картами та забезпечує створення цифрових векторних карт зі сканованих паперових оригіналів і з нанесеними координатами свердловин для подальшого аналізу. Інший програмний модуль NeuraSection забезпечує геологічну інтерпретацію геофізичних даних на основі кореляції растрових і цифрових каротажних діаграм, оцифрованих у програмі NeuraLog, літологічних даних, дає змогу створити й аналізувати поперечні геологічні профілі. Інші допоміжні додатки NeuraView, NeuraDesktop дають можливість переглядати, сканувати

растрові паперові карти та каротажні діаграми, друкувати оцифровані свердловинні дані, упорядковувати їх, створювати бази даних і візуалізувати геологічні дані й побудовані розрізи за допомогою інтерактивного екрану. NeuraDesktop забезпечує перегляд усіх даних проекту в одному додатку.

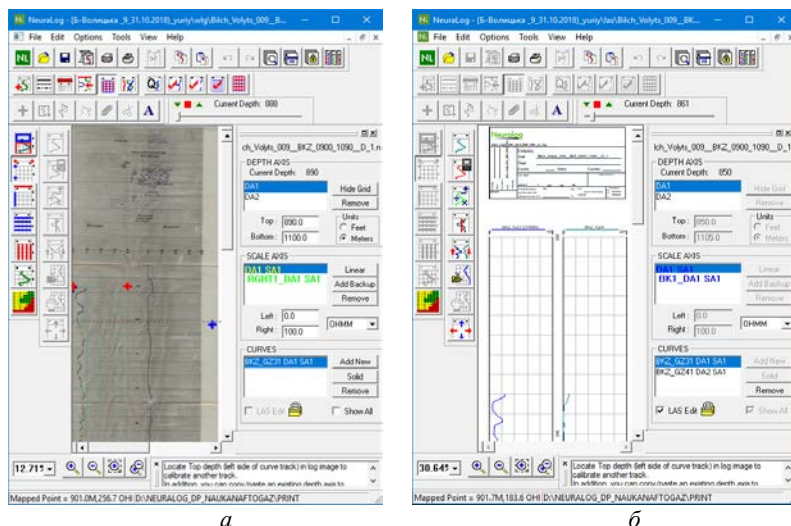


Рис. 4. Приклади оцифрування свердловин у програмі NeuraLog: а – оцифрування каротажної діаграми; б – оцифрована каротажна діаграма у форматі \*.las 2.0

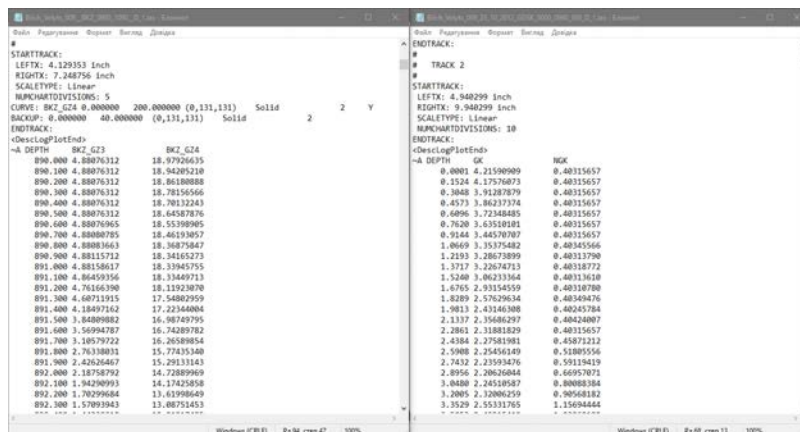


Рис. 5. Перегляд формату \*.las 2.0 у блокноті на прикладі оцифрованих свердловин Більче-Волицької зони

Оцифровувати, опрацьовувати та здійснювати інтерпретацію даних каротажних кривих можна й у програмному продукті промислової геофізики «Геопошук» [1]. Програма теж комерційна, але є академічна для навчальних цілей. Вона призначена для перетворення растрових зображень (відсканованих карт, каротажних кривих) у векторний формат. Програма дає змогу редагувати векторні об'єкти, видаляти їх і додавати нові. У програмі є можливість додавання до чотирьох шкал перетворення координат та індивідуальне



призначення для кожної кривої або її частини певної шкали. Результати оцифрування каротажних кривих можна експортувати у файли \*.dat, \*.csv та \*.las

Інша програма LogView++, розробником якої є Сугіянто Сувоно (Індонезія), поширюється у вільному доступі й може працювати під операційними системами Windows [13]. Проте LogView++ порівняно з програмними модулями компанії Neuralog Inc. має не так багато функціональних можливостей. Програма працює з уже готовим свердловинними даними й підтримує універсальний формат \*.las. За допомогою інструментів LogView++ можна редагувати, додавати нові дані по свердловинах, проводити кореляцію між свердловинами й будувати геологічний розріз і літологічну колонку за матеріалами ГДС.

Програмний пакет WellCAD 5.7, що розроблений компанією Advanced Logic Technology [20], підтримує і дає змогу редагувати, опрацювати, аналізувати й візуалізувати свердловинні дані у форматах (\*.las, \*.dlist), а також підтримує векторні й растрові формати даних (\*.csv, \*.bmp, \*.tif). За допомогою WellCAD 5.7 можна зіставляти криві різних типів каротажу, на основі отриманої інформації складати літологічну колонку та вносити уточнення.

Інша програма LogPlot, розробником якої є компанія RockWare, яка працює під операційними системами Windows [12], призначена для графічного відображення та візуалізації геофізичних свердловинних даних, а також кривих різних типів каротажу, дає змогу зберігати й відкривати файли в різних форматах даних, включаючи формат \*.las. Графічне опрацювання свердловинних даних у цьому програмному модулі можна представити в потужному програмному забезпеченні RockWorks [18], яке має більше функціональних можливостей і дає можливість зіставляти геофізичні дані, отримані по свердловинах.

Програмне забезпечення RockWorks працює з різними типами даних, такими як карти, свердловини, розрізи, діаграми тощо. RockWorks дає змогу представляти свердловинні дані у вигляді 2-D і 3-D моделей. Крім того, це програмне забезпечення дає можливість наносити отримані дані на карту, використовуючи Google Earth.

Також цікавим є Techlog [19] – програмний комплекс, який призначений для обробки результатів геофізичних досліджень свердловин. Він дає змогу зіставляти всі дані зі свердловини в одну інтуїтивно зрозумілу програму для проведення аналізів. За допомогою цього комплексу програмного забезпечення є можливість аналізувати свердловинні дані для уточнення геологічної будови наявних родовищ, меж покладів і запасів вуглеводнів тощо. Разом із Techlog упроваджується й інше програмне забезпечення, що дасть змогу створювати детальні 3D-моделі родовищ.

Отже, будь-які паперові свердловинні дані по різних типах каротажу мають низку обмежень. Відсутність свердловинних даних у цифровому форматі викликає проблему під час візуалізації каротажних кривих різного масштабу, кореляції даних декількох свердловин для уточнення геологічних розрізів і побудови 2D чи 3D моделі родовища.

Безперечно, наявність цифрових даних у разі підвищує ефективність інтерпретації, так як аналіз каротажних кривих є завершальним етапом геофізичних досліджень, тому від того, як вони будуть проінтерпретовані, залежить, які висновки будуть складені про нафтогазоносність і геологічну будову району досліджень. Використання програмного забезпечення підвищує ефективність інтерпретації даних ГДС, вивчення особливостей зміни конфігурації кривих уздовж профілю, визначення літологічних характеристик, установлення глибини залягання й товщини нафтогазоносних шарів, які підлягають промислому використанню, що, відповідно, дасть змогу виділити перспективні горизонти або ділянки для першочергових досліджень.

Відсутність цифрових свердловинних даних в універсальних файлових форматах не дає змоги здійснювати якісно переінтерпретацію результатів. Використання програм

та універсального формату \*.las 2.0 необхідне, щоб отримати надійне геологічне тлумачення результатів, отриманих із паперових каротажних кривих і давніших матеріалів геофізичних досліджень свердловин.

Опрацювання й подальша комплексна переінтерпретація свердловинних даних Західного нафтогазоносного регіону можлива лише завдяки якісному оцифруванню кривих різних типів каротажу в програмах, які б забезпечували універсальність застосування таких даних у подальших програмах моделювання родовищ відповідних корисних копалин.

Саме тому оптимальний вибір наявного програмного забезпечення та програмних модулів, що розроблені нафтовими, газовидобувними й іншими компаніями, значно підвищить достовірність отриманої інформації під час геологічної переінтерпретації каротажних даних і матеріалів геофізичного дослідження свердловин.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геопошук: програма промислової геофізики. URL: <https://www.geoposhuk.com.ua/>.
2. American Petroleum Institute: Recommended Digital Log Interchange Standard (DLIS), Version 1.00: API Recommended Practice 66 (RP66), First Edition, May 1, 1991. URL: [http://www.posc.org/technical/data\\_exchange/RP66/V1/rp66v1.html](http://www.posc.org/technical/data_exchange/RP66/V1/rp66v1.html).
3. Canadian Well Logging Society. URL: <https://www.cwls.org/>.
4. Canadian Well Logging Society, LAS Version 2.0: A Digital Standard for Logs, Update February 2017. URL: [https://www.cwls.org/wp-content/uploads/2017/02/Las2\\_Update\\_Feb2017.pdf](https://www.cwls.org/wp-content/uploads/2017/02/Las2_Update_Feb2017.pdf).
5. Datel J.V., Kobr M., Prochazka M. Well logging methods in groundwater surveys of complicated aquifer systems: Bohemian Cretaceous Basin. *Environmental geology*. 2009. № 57. P. 1021–1034.
6. Ellis D.V., Singer J.M. Well logging for earth scientists. Dordrecht : Springer, 2007. Vol. 692. 708 p.
7. Erzinger J., Wiersberg T., Zimmer M. Realtime mud gas logging and sampling during drilling. *Geofluids*. 2006. № 6 (3). P. 225–233.
8. HexEdit. URL: [https://download.cnet.com/HexEdit/3000-2352\\_4-10208432.html](https://download.cnet.com/HexEdit/3000-2352_4-10208432.html).
9. Holstein E.D. Petroleum Engineering Handbook: Reservoir Engineering and Petrophysics / L.W. Lake (Ed.). Richardson, USA : Society of Petroleum Engineers, 2007. Vol. 5. P. 357–377.
10. Kobr M., Mareš S., Paillet F. Geophysical well logging: Borehole geophysics for hydrogeological studies: Principles and applications. *Hydrogeophysics*. 2005. P. 291–331.
11. Liu H. Principles and applications of well logging. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2017. P. 237–269.
12. LogPlot. URL: <https://www.rockware.com/product/overview.php?id=176>.
13. LogView++. URL: <https://firagiel.com/web/technicalsoftware/logview/>.
14. Luthi S. Geological well logs: Their use in reservoir modeling. Springer Science & Business Media, 2001. 373 p.
15. NeuraLog. URL: [www.neuralog.com](http://www.neuralog.com).
16. Prenskey S.E. Advances in borehole imaging technology and applications. Geological Society, London, Special Publications. 1999. № 159 (1). P. 1–43.
17. Poppelreiter M., Garcia-Carballido C., Kraaijeveld M. (Eds.). Dipmeter and borehole image log technology: AAPG Memoir 92. *AAPG*. 2010. Vol. 92. 357 p.
18. RockWorks. URL: <https://www.rockware.com/product/rockworks/>.
19. Techlog 2023. URL: <https://www.software.slb.com/products/techlog>.
20. WellCAD 5.7. URL: <https://www.alt.lu/software.htm>.
21. Yuan B., Yang Q. Digitization of Well-Logging Parameter Graphs Based on Gridlines-Elimination Approach. *J. Softw.* 2019. № 14 (12). P. 573–578.

### REFERENCES

1. GeoPoshuk: prohrama promyslovoi heofizyky [GeoPoshuk: program of industrial geophysics]: Retrieved from <https://www.geoposhuk.com.ua/> [in Ukrainian].
2. American Petroleum Institute (1991) : Recommended Digital Log Interchange Standard (DLIS), Version 1.00: API Recommended Practice 66 (RP66), First Edition, May 1, 1991. Retrieved from [http://www.posc.org/technical/data\\_exchange/RP66/V1/rp66v1.html](http://www.posc.org/technical/data_exchange/RP66/V1/rp66v1.html).
3. Canadian Well Logging Society. Retrieved from <https://www.cwls.org/>.
4. Canadian Well Logging Society, LAS Version 2.0: A Digital Standard for Logs, Update February 2017. Retrieved from [https://www.cwls.org/wp-content/uploads/2017/02/Las2\\_Update\\_Feb2017.pdf](https://www.cwls.org/wp-content/uploads/2017/02/Las2_Update_Feb2017.pdf).
5. Datel, J.V., Kobr, M., & Prochazka, M. (2009). Well logging methods in groundwater surveys of complicated aquifer systems: Bohemian Cretaceous Basin. *Environmental geology*, 57, pp. 1021–1034.
6. Ellis, D.V., & Singer, J.M. (2007). Well logging for earth scientists (Vol. 692). Dordrecht: Springer, 708 p.
7. Erzinger, J., Wiersberg, T., & Zimmer, M. (2006). Real-time mud gas logging and sampling during drilling. *Geofluids*, 6(3), pp. 225–233.
8. HexEdit. Retrieved from [https://download.cnet.com/HexEdit/3000-2352\\_4-10208432.html](https://download.cnet.com/HexEdit/3000-2352_4-10208432.html).
9. Holstein, E.D. (2007). Petroleum Engineering Handbook: Reservoir Engineering and Petrophysics (Vol. 5). L.W. Lake (Ed.). Richardson, USA: Society of Petroleum Engineers, pp. 357–377.
10. Kobr, M., Mareš, S., & Paillet, F. (2005). Geophysical well logging: Borehole geophysics for hydrogeological studies: Principles and applications. *Hydrogeophysics*, pp. 291–331.
11. Liu, H. (2017). Principles and applications of well logging. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 237–269.
12. LogPlot. Retrieved from <https://www.rockware.com/product/overview.php?id=176>
13. LogView++. Retrieved from <https://firagiel.com/web/technical-software/logview/>.
14. Luthi, S. (2001). Geological well logs: Their use in reservoir modeling. Springer Science & Business Media, 373 p.
15. NeuraLog. Retrieved from [www.neuralog.com](http://www.neuralog.com).
16. Prensky, S.E. (1999). Advances in borehole imaging technology and applications. Geological Society, London, Special Publications, 159(1), pp. 1–43.
17. Poppelreiter, M., Garcia-Carballido, C., & Kraaijveld, M. (Eds.). (2010). Dipmeter and borehole image log technology: *AAPG Memoir 92* (Vol. 92). AAPG, 357 p.
18. RockWorks. Retrieved from <https://www.rockware.com/product/rockworks/>.
19. Techlog 2023. Retrieved from <https://www.software.slb.com/products/techlog>.
20. WellCAD 5.7. Retrieved from <https://www.alt.lu/software.htm>.
21. Yuan, B., & Yang, Q. (2019). Digitization of Well-Logging Parameter Graphs Based on Gridlines-Elimination Approach. *J. Softw.*, 14 (12), pp. 573–578.

## COMPUTER TECHNOLOGIES FOR THE GEOLOGICAL REINTERPRETATION OF WELL LOGGING DATA

**Yuriy Vikhot<sup>1, 3</sup>, Ihor Bubniak<sup>2</sup>, Solomiia Kril<sup>3, 1</sup>, Vitaly Fourman<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Ivan Franko National University of Lviv,  
Hrushevsky Str., 4, Lviv, Ukraine, 79005  
e-mail: yuriy.vikhot@lnu.edu.ua*

<sup>2</sup>*Lviv Polytechnic National University,  
Karpinskoho Str., 6, Lviv, Ukraine, 79013  
e-mail: ibubniak@yahoo.com*

<sup>3</sup>*UkrNDIgas, GSC Ukrigasvydobuvannya,  
Stryiska Str., 144, Lviv, Ukraine, 79000  
e-mail: solia\_kr@ukr.net*

Qualitative interpretation of old archival paper logging well data of the Western oil-gas region cannot be efficiently carried out without using of the special software or modules. This article demonstrates how to use computer technologies for digitizing, storing and visualization of archival paper well data and all available paper materials for geophysical well surveys.

The purpose of this article is to characterize available software for digitizing, storing graphs of oil and gas fields wells logging data. To formulate the main advantages and disadvantages of software modules and solve the task of digitization of old well data and further using for reinterpretation for geological modelling.

The target and novelty is to determine accessible software for fast and high-quality digitization and visualization of paper logging parameters graphs obtained from different areas of the Carpathian and Pre-Carpathian oil and gas regions. Well logging data is important for regional deep geological sections building, to clarify the deep geological structure of the study area, and to plan further research for the search for hydrocarbons.

Digitization of old paper well data, visualization of logging parameters graphs, creation of wells database using computer technology allows to supplement the 3D geological model and reinterpretation the well logging data with minimal costs and taking into account the features of the deep structure. Geological and technological research, modern reinterpretation of old and new well data, is important for the formation of a comprehensive models for searching perspective areas for priority detailed research.

*Key words:* well data, carotage, digitizing, well logging, well-logging parameter graphs, NeuraLog, Mud logging.