

УДК 550.830

## Технологія інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних і результати її застосування в Карпатському регіоні для детального вивчення геологічних об'єктів, перспективних на нафту і газ

*О.І. Кобрунов, О.П. Петровський, Н.С. Ганженко, В.М. Суятінов,  
В.А. Холоділов, В.Н. Мартиросян, А.Г. Поплюйко*

*Науково-технічна фірма „БІПЕКС лтд.”, вул. Франка, 4, кім. 307, Івано-Франківськ, 76000,  
телефон: (03422) 96637, E-mail: [bipeks@il.if.ua](mailto:bipeks@il.if.ua)*

Вагомим фактором економічної незалежності та успішного розвитку сучасної України є невинне нарощування паливно-енергетичної бази. У вирішенні цього питання Карпатському регіону відводиться значне місце. Однак на даний час тут практично усі структури антиклінального типу перевірені на нафтогазоносність буровими роботами. Перспективи регіону пов'язані із пошуками та розвідкою нетрадиційних пасток вуглеводнів – тектонічноекранованих, літологічних, стратиграфічних, що розташовані у глибинних покладах Передкарпатського прогину. Відповідно з цим, основною тенденцією у сучасному геологорозвідувальному процесі є складність геологічних завдань внаслідок необхідності виявлення та вивчення малоконтрастних та складно побудованих об'єктів та збільшення глибини пошуків. Це може бути досягнуто за рахунок вивчення пошукових об'єктів за комплексом геолого-геофізичних ознак. При цьому основну увагу слід приділити не тільки вдосконаленню та підвищенню якості польових геофізичних досліджень, але й розробці і впровадженню сучасних комп'ютерних технологій кількісного комплексного аналізу геолого-геофізичних даних. Розвитку цього напрямку підвищення ефективності геолого-геофізичних досліджень присвячена серія наукових праць, виконаних під загальним науковим керівництвом і при безпосередній участі професора О.І.Кобрунова, який отримав загальну назву «Критеріальний підхід до виразу апріорної геолого-геофізичної інформації при розв'язку обернених задач геофізики» [1 – 3].

На даний час найбільш розвинутою і такою, що має значну практичну цінність, є розроблена технологія інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних, а саме, детальної кількісної комплексної інтерпретації даних ГДС, сейсмо- і гравірозвідки. Ця технологія призначена для вирішення завдання формування детальної просторової моделі геологічного розрізу і просторового прогнозування перспективних у нафтогазовому відношенні зон на основі побудови неоднорідної, узгодженої з усім комплексом геолого-геофізичних даних (ГДС, сейморозвідка і гравірозвідка), просторової геошвидкісно-густинної моделі середовища. Технологія базується на методах і алгоритмах розв'язку прямих і обернених задач геофізики для складнопобудованих багатопараметричних моделей.

При реалізації технології детальної кількісної комплексної інтерпретації даних ГДС, сейсмо- і гравірозвідки використовується така інформація:

- результати ГДС по свердловині чи групі свердловин, які розташовані на ділянці досліджень чи безпосередньо наближені до неї;
- петрофізичні характеристики порід, які представлені у геологічному розрізі – швидкість пружних хвиль, густина, колекторські властивості;
- немігровані часові сейсмічні розрізи  $T_0$ , які отримані за способом спільної глибинної точки - СГТ;
- аномальне гравітаційне поле масштабу 1:10000 - 1:50000 в залежності від детальності матеріалів, які необхідно отримати в результаті інтерпретації.

### Процес застосування технології складається з таких етапів:

1. На основі комплексу даних ГДС і результатів АК створення неоднорідної швидкісно-густинної моделі по свердловині і визначення оптимальних характеристик розподілу пластових швидкостей і густини з метою узгодження масштабу реєстрації свердловинних даних з масштабом реєстрації сейсмічної інформації.

2. Літолого-стратиграфічне розчленовування розрізу свердловини з урахуванням літології порід та виділення цільових осей синфазності, пов'язаних з окремими літолого-стратиграфічними комплексами. Виділення осей синфазності проводиться на основі порівняння результатів моделювання динаміки пружних хвиль для неоднорідної моделі розрізу свердловини (розв'язок прямої одновимірної динамічної задачі) і фрагментів сейсмічних часових розрізів по профілях, що проходять через свердловину, або розташовані в безпосередній близькості від неї.

3. Кореляція виділених цільових осей синфазності в межах усієї ділянки досліджень. Побудова карт ізохрон для виділених літолого-стратиграфічних горизонтів.

4. Визначення параметрів структурної геолого-швидкісно-густинної макромоделі – моделі регіональної зміни пластової швидкості і густини, глибини залягання усіх виділених геологічних горизонтів. Розрахунок параметрів проводиться на основі ітераційного розв'язку оберненої структурної кінематичної задачі сейморозвідки з урахуванням заломлення сейсмічних променів на всіх проміжних границях та оберненої структурної задачі гравірозвідки для шаруватої моделі середовища, що включає довільну кількість криволінійних границь. На цьому етапі проводиться повне узгодження структурної макромоделі з часом приходу відбитих хвиль і основних елементів регіональної поведінки гравітаційного поля.

5. Деталізація структурної макромоделі – визначення параметрів неоднорідної геогустинної мікромоделі на основі розв'язку оберненої задачі гравірозвідки для неоднорідної моделі середовища. В результаті геогустинного моделювання проводиться остаточна компенсація залишкових локальних аномалій гравітаційного поля, що пов'язані з локальними неоднорідностями в геологічному розрізі, які не враховані в межах макромоделі.

При цьому процес формування макро- і мікромоделі не можна розглядати як остаточний, його слід вважати ітераційним. На етапі розрахунку характеристик мікромоделі можуть бути виявлені деякі загальні зміни, які в подальшому можуть бути використані в макромоделі і, як наслідок, збільшити детальність і достовірність визначення характеристик мікромоделі на наступному ітеративному кроці її уточнення.

На заключному етапі виконується геологічна інтерпретація виділених локальних геогустинних аномалій по глибині та в просторі залежно від особливостей геологічної будови і поставленої геологічної задачі. За результатами інтерпретації будуються геолого-геофізичні розрізи, структурні карти, карти ізопакіт і прогнозні карти розвитку потенційно продуктивних відкладів.

Окремі елементи і технологія в цілому пройшли виробниче впровадження в ряді геологічних та нафтогазодобуваючих підприємств (Росія, Казахстан, Якутія, Україна) [4, 5, 6].

Виходячи з досвіду вже проведених робіт, наведена технологія може бути з успіхом використана для вирішення геологічних завдань в складних геологічних умовах на різних етапах досліджень:

- при геолого-геофізичному обґрунтуванні моделі геологічної будови розрізу;
- при пошуково-розвідувальних роботах – геолого-геофізичне обґрунтування місця закладання пошуково-розвідувальних свердловин;
- на етапі експлуатації родовищ - просторове вивчення детальної неоднорідної будови нафтогазових покладів з обґрунтуванням керованої розробки покладів – експлуатаційне буріння;
- при забезпеченні високоточних моніторингових досліджень гравітаційного поля наявна можливість постановки і вирішення питання контролю відпрацювання і заводнення покладів (в закордонній літературі є посилення на результати контролю заводнення газового родовища за даними високоточної гравіметрії – мікрогальні дослідження).

Прикладом успішного застосування технології у Карпатському регіоні для виділення і картування об'єктів, перспективних в нафтогазовому відношенні, є результати прогнозування неоднорідного розподілу густинних властивостей в межах Любіжнянської площі, яка розташована у північній частині Бориславсько-Покутської зони Передкарпатського прогину. В тектонічному відношенні Бориславсько-Покутська зона – це зірваний зі своєї основи покрив, який сильно ускладнений насувами другого порядку та насунутий у північно-східному напрямі на Самборську зону. Загалом він являє собою систему антиклінальних складок, виповнених палеогеном та верхньокрейдовим флішем та міоценовими моласами. Розповсюджені лежачі і запрокинуті складки з підверненими крилами або ж без них. За даними глибокого буріння та сейсмічних досліджень в цій зоні встановлена наявність декількох ярусів складок, що перекривають одна одну по глибині. Нафтогазоносність цієї зони пов'язана із флішевими відкладами крейдового та палеогенового віку.

В даних умовах стандартна методика сейсморозвідки не дає однозначних результатів інтерпретації, особливо при збільшенні глибинності та зменшенні розмірів об'єктів пошуку. Успішне вирішення задачі прогнозу досягається залученням та активним використанням всього комплексу наявної апіорної геолого-геофізичної інформації в рамках зазначеної технології. Зокрема, при обробці даних по Любіннянській площі прогнозування перспективних в нафтогазовому відношенні об'єктів ґрунтується на використанні сейсмогеологічних розрізів, побудованих за даними сейсмічних досліджень і буріння, а також комплексу гравіметричної інформації.

Як вхідні дані для обробки були використані такі матеріали:

- схема розташування профілів М 1:50 000;
- сейсмогеологічні розрізи по профілях 29-54/93 та 36-54/93;
- графіки аномального гравітаційного поля по профілях 29-54/93 та 36-54/93;
- дані про густинні властивості гірських порід.

Формування початкового наближення виконане на основі інтеграції даних по глибинних геологічних розрізах, побудованих за результатами буріння та стандартної інтерпретації матеріалів сейсморозвідки, а також відомостей про діапазони зміни значень густин гірських порід. На основі цієї інформації в геологічному розрізі виділені окремі комплекси, які характеризуються сталими густинними властивостями і відносяться до одних стратиграфічних одиниць та можуть розглядатися як потенційні породи-колектори і непроникні щільні породи. Для забезпечення пошуку оптимального розв'язку оберненої задачі гравірозвідки конкретний вид геогустинного розподілу був формалізований критерієм оптимальності – ймовірністю можливого розташування зон ущільнення і розущільнення залежно від наявного обсягу геолого-геофізичної інформації про характер густинної диференціації та літологічний склад цих комплексів.

В результаті двохетапного розв'язку оберненої задачі гравірозвідки отримані такі результати:

- структурна макромодель, узгоджена за густинами та сейсмогеологічними характеристиками будови геологічного розрізу (різниця між спостереженим та розрахованим гравітаційних полях становить – по профілю 29-54/93 0.81 мГл, по профілю 36-54/93 -54/93 0.9 мГл);

- неоднорідна мікро модель (рис.1) — результат компенсації залишкових відхилень аномального гравітаційного поля (різниця між спостереженим та розрахованим гравітаційних полях становить – по профілю 29-54/93 0.07 мГл, по профілю 36-54/93 - 0.08 мГл).

Побудована просторова 3D геогустинна неоднорідна мікро модель, горизонтальні зрізи, що розтинають 3D модель, приклади яких наведені на рисунках 2, 3.

В результаті аналізу і узагальнення отриманих матеріалів зроблені такі геологічні висновки:

- в південній та центральній частинах площі у діапазоні глибин 4835 м — 3835 м виділена зона пониженої густини, яка відноситься до регіонально нафтогазоносних відкладів менілітової світи (рис. 2);

- характер аномалії у північно-східній її частині підтверджує наявність у районі свердловин Лвс-1 та Лвс-4 розривного порушення, яке прогнозується за комплексом раніше проведених геолого-геофізичних досліджень;

- аналіз просторового положення даної аномалії свідчить про те, що найбільш перспективним для пошуків нафтогазоносних об'єктів є район, розташований на північний схід від свердловини Дн-4;

- в західній та північно-західній частинах площі у діапазоні глибин 3835 м — 3035 м простежується зона розущільнення, також пов'язана із менілітовими відкладами; враховуючи величину аномалії та її просторове положення, найбільш перспективними слід вважати ділянки, які розташовані у західному та північно-західному напрямках (рис. 3);

- зона пониженої густини, локалізована в інтервалах глибин 1000 м — 2000 м у південній частині ділянки робіт, пов'язана із малоперспективними відкладами воротищенської світи неогену;

- локальна геогустинна аномалія, виділена в районі свердловин Дн-4 та Лвс-1 в інтервалі глибин 2000 м — 3500 м, являє собою границю між відкладами різних літолого-стратиграфічних підрозділів.

Таким чином, використання технології інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних дало змогу виконати класифікацію території Любіннянської площі за ступенем її перспективності для ефективного закладання пошуково-розвідувальних свердловин на розкриття нафтогазоносних покладів.

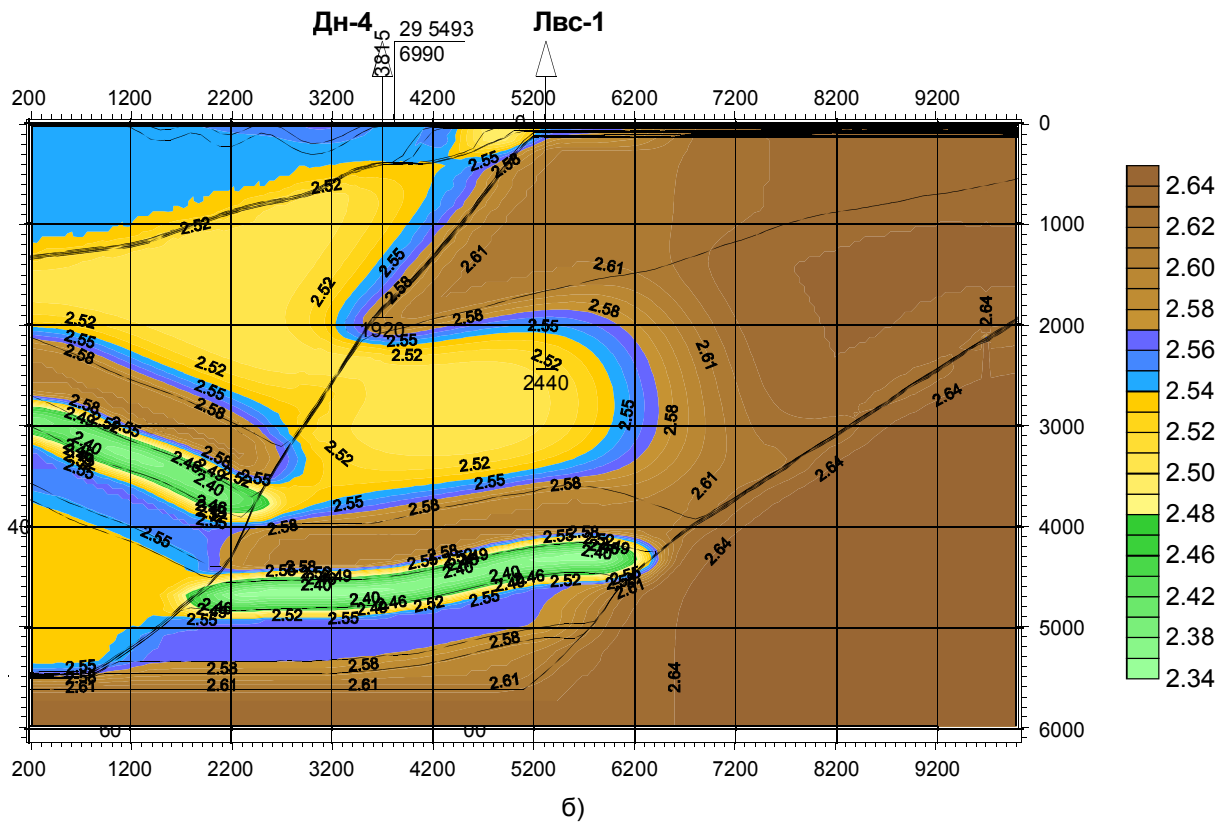
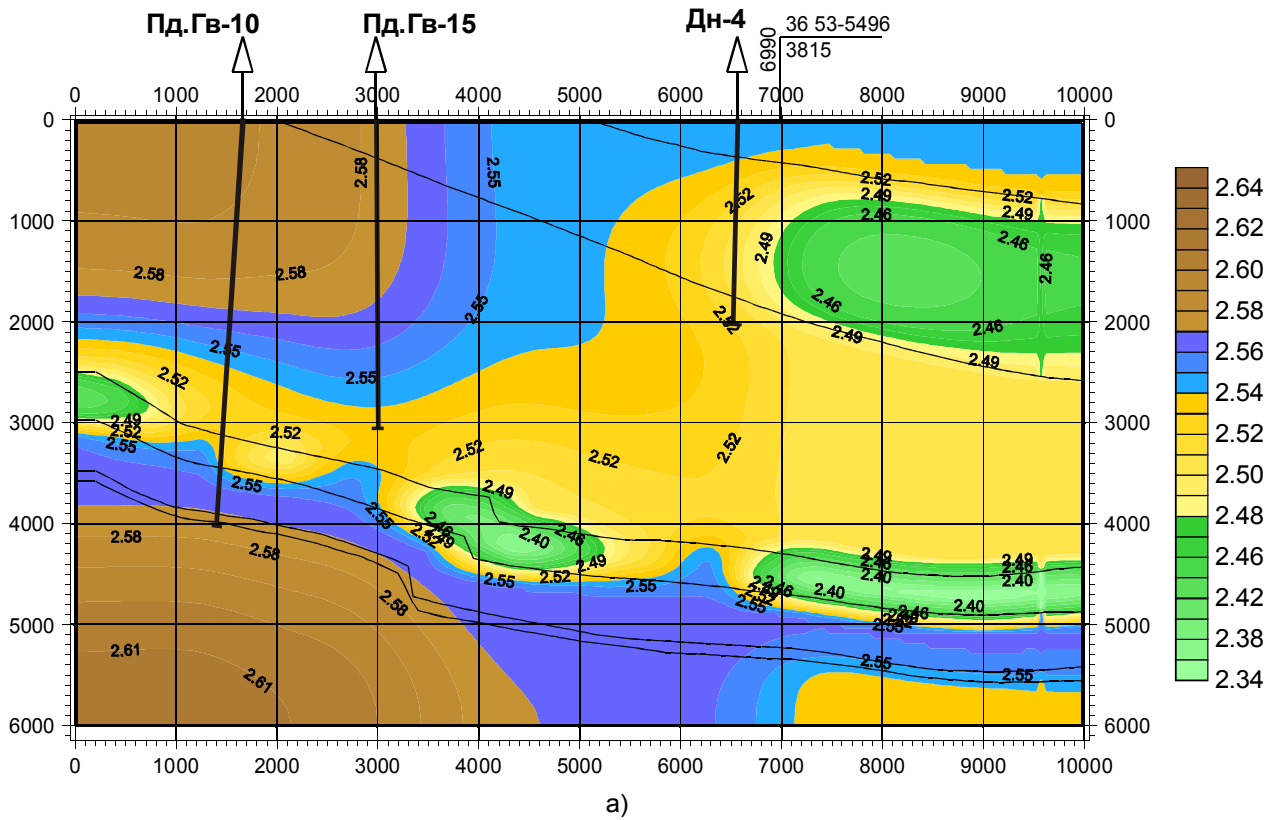


Рис1. Геогустинні розрізи (мікромодель) по профілях:  
а) 29-54/93; б) 36-54/93

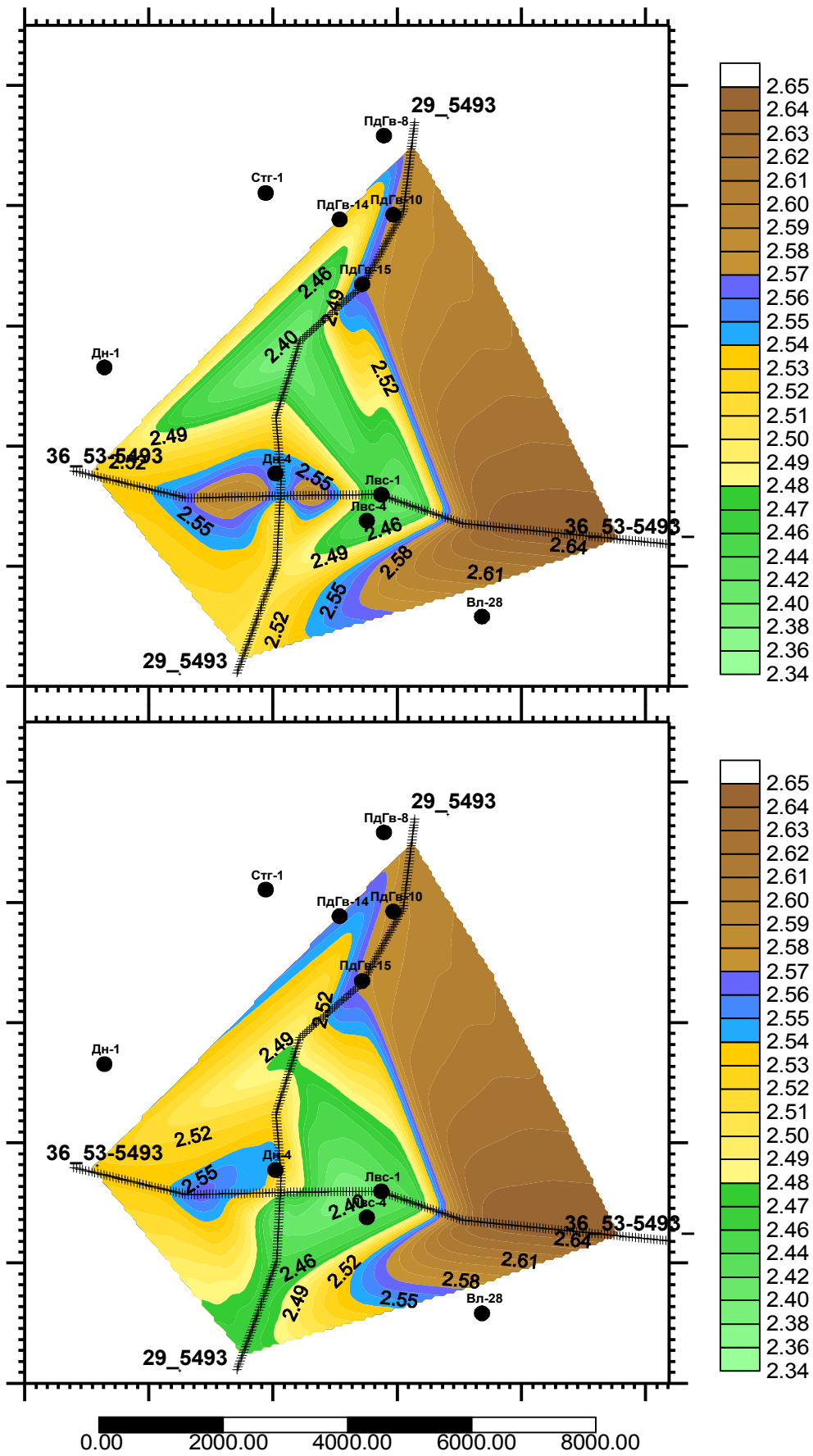


Рис. 2 Геогустинні зрізи (мікро модель) по рівнях:  
а) 4235 м; в) 4435 м

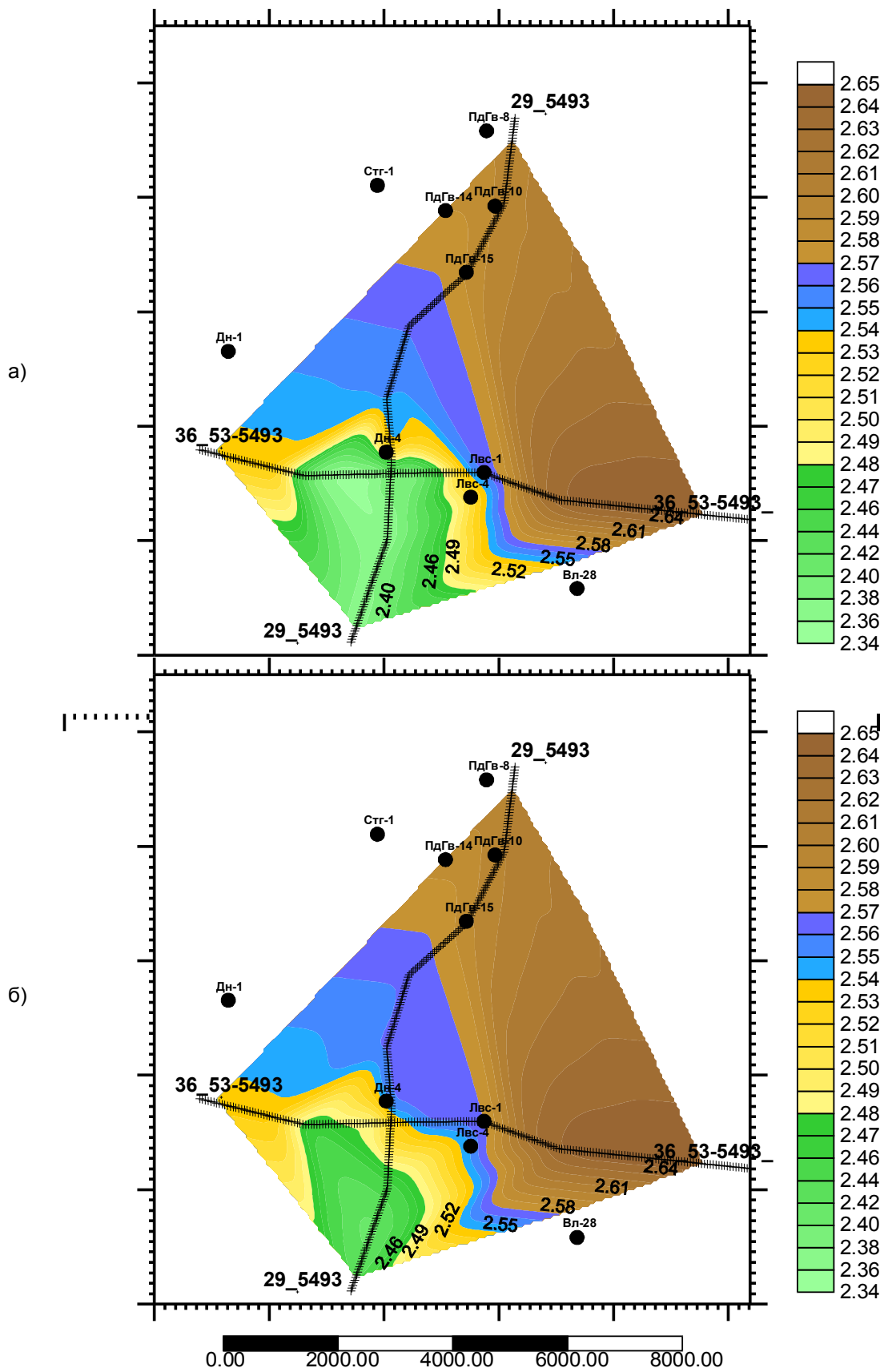


Рис. 3 Геогустинні зрізи (мікромодель) по рівнях:  
а) 4635 м; в) 4835 м

Всі матеріали для проведення інтерпретації люб'язно надані Західно-Українською геофізичною експедицією, за що автори висловлюють щирю подяку.

### Література

1. Петровский А.П., Кобрунов А.И. Решение обратной задачи комплексной интерпретации геофизических данных на примере обратной структурной задачи сейсмогравиметрии // Тезисы. – Свердловск, 1989.-С.6-7
2. Кобрунов А.И. Теоретические основы критериального подхода к анализу геофизических данных (на примере задач гравиметрии), 1986, -268 о, - Деп. в УкрНИИТИ 03.06.86, № 6. -0.44-63.
3. Кобрунов А.И., Петровский А.П. Решение задачи комплексной интерпретации геофизических данных // Матер. 1 республ. Школы - семинара мол. ученых г.Алушта, 1986. -Деп. в ВИНТИ 5.11.1987 № 7768-В87. "с.65-66
4. Кобрунов А.И., Петровский А.П. Методы и результаты комплексной интерпретации геофизических данных // Сб. научн.тр.: Ин-т геофизики им. С.И. Субботина — К.: Наукова думка, 1992. — С. 156-161.
5. Петровський О.П., Ганженко Н.С. та ін. Про деякі результати кількісної комплексної інтерпретації даних ГДС, сейсмо- та гравірозвідки на Східно-Луквинській площі // Результати і перспективи геофізичних досліджень у Західному регіоні України. Тез. Львів, 1998. — С.57-59.
6. Петровский А.П. Количественная комплексная интерпретация потенциальных полей и сейсморазведочных данных при изучении сложнопостроенных сред // Международный семинар «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». Тез. Екатеринбург, 1999. — С.82 – 83.

УДК 550.832

## КОМПЛЕКСНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ДАНИХ ІННК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІРСЬКИХ ПОРІД

*М.Д.Красножон, УкрДГРІ*

*The article deals with the methods of the computerized interpretation of INNЛ together with other methods of the geophysical studies of wells for the determination of the components composition of reservoir rocks. The solution of the problem has been made using the methods of petro-geophysical equations of the mixture.*

*The examples of the practical use of the solutions obtained using the production materials.*

*У статті викладена методика комп'ютеризованої інтерпретації ІННК в комплексі з іншими методами ГДС з метою визначення компонентного складу порід-колекторів. Рішення задачі виконано за методикою петрогеофізичних рівнянь суміші.*

*Наведено приклади практичного застосування отриманих рішень на виробничих матеріалах.*

Одним з провідних методів геологічної документації розрізів є геофізичні дослідження свердловин (ГДС), за результатами яких виконується розчленування розрізу на пласти, визначаються їх фільтраційно-ємкісні властивості, обчислюються підрахункові параметри та проводиться підрахунок запасів нафти і газу. Разом з тим можливості по розширенню комплексу ГДС з метою отримання нової геологічної інформації про досліджуваний розріз (літологічна характеристика, структура порового простору, компонентний склад матриці тощо) ще далеко не вичерпані. Прикладом ефективного застосування для вирішення вищезазначених завдань є імпульсний нейтрон-нейтронний каротаж (ІННК). Розглянемо більш детально його можливості для визначення структурних характеристик порід на основі використання петрогеофізичних моделей.