

АПРІОРНА ПРОСТОРОВА СЕЙСМОГРАВІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ГЛИБИННОЇ БУДОВИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ – ПЕРШИЙ КРОК ДО РОЗУМІННЯ

Б.Б.Габльовський, Т.О.Федченко, О.П.Петровський

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 501041,
e-mail: geobip@optima.com.ua,*

Висвітлено один з основних етапів створення просторової інтегральної геолого-геофізичної моделі північно-західної частини шельфу Чорного моря - синтезування апріорної просторової геолого-геофізичної моделі глибинної будови, що є основою для визначення оптимальних параметрів 3D інтегральної геолого-геофізичної моделі та прогнозування розвитку зон перспективних у нафтогазовому відношенні.

Виходячи з наявної геолого-геофізичної інформації, створено модель, яка відповідає сучасним геодинамічним даним; сейсмічній інформації та принципово узгоджена з регіональним гравітаційним полем.

Ключові слова: північно-західний шельф Чорного моря, апріорна просторова геолого-геофізична модель, гравірозвідка, гравітаційне поле.

Отображен один из основных этапов создания пространственной интегральной геолого-геофизической модели северо-западной части шельфа Черного моря – синтезирование априорной пространственной геолого-геофизической модели глубинного строения, являющейся основой для определения оптимальных параметров 3D интегральной геолого-геофизической модели и прогнозирования развития зон перспективных в нефтегазовом отношении.

Исходя с присущей геолого-геофизической информации, создана модель, отвечающая современным геодинамическим данным, сейсмической информации и принципиально согласованная с региональным гравитационным полем.

Ключевые слова: северо-западный шельф Черного моря, априорная пространственная геолого-геофизическая модель, гравиразведка, гравитационное поле.

One of the main stages of 3D geological-geophysical model creation is illustrated for the north-western part of the Black Sea shelf. Attention is paid to construction of initial model, which will be the base for geophysical inversion and oil and gas prospecting.

Initial model was created by the way of integrating all available geological and geophysical information. It is correspondent to modern geodynamics, seismic information and is regionally correspondent to measured gravity field.

Keywords: North-Western Part of the Black Sea Shelf, initial 3D geological-geophysical model, gravimetry, gravity field.

Зважаючи на високу потребу в забезпеченні України власними вуглеводневими ресурсами та високий ступінь освоєння вуглеводневого потенціалу Західного та Східного нафтогазоносних регіонів, актуальною є проблема нарощування ресурсного потенціалу і, насамперед, за рахунок ефективного освоєння ресурсів Південного нафтогазоносного регіону, зокрема акваторій Чорного моря. За даними досліджень [1], ступінь освоєння надр акваторії Чорного моря не перевищує 7%, а нещодавнє відкриття нафтового родовища в межах Прикерченського шельфу робить освоєння ресурсів цього регіону ще більш привабливим. В межах Українського сектору акваторії Чорного моря найбільш вивченою є територія північно-західного шельфу Чорного моря, де відкрито 8 газових і газоконденсатних родовищ та підготовлена до пошукового буріння значна кількість нових структур.

Хоча територія Південного нафтогазоносного регіону, в т.ч. і північно-західного шельфу досліджується [2-6] вже давно, на даний момент відсутні достатні геологічно і геофізично обґрунтовані регіональні відомості про глибинну будову та характер розміщення ділянок розвитку порід-колекторів, в тому числі і вуглево-

днєвонасичених. Така ситуація пов'язана, насамперед, з відсутністю даних параметричного буріння (в межах економічної зони України проведено лише дві параметричні свердловини (1-Пд.-Бортова і 1-Прадніпровська), що призводить до неоднозначності інтерпретації геолого-геофізичних даних навіть на площах, введених в глибоке буріння. Крім того, в межах північно-західного шельфу потребують додаткового вивчення крейдяні та докрейдяні відклади Північнокримського рифтогенного прогину та крупні тектонічні елементи, такі як південний акваторіальний схил Східно-Європейської плити, Континентальний схил, Західно-Чорноморська западина.

Однак через високу вартість буріння в морських умовах, розміщення кожної нової свердловини потребує ретельного наукового і геолого-геофізичного обґрунтування, що може бути зроблено лише на основі залучення сучасних наукомістких ефективних методів і технологій вивчення особливостей геологічної будови та прогнозу перспектив нафтогазоносності.

Один з таких методів, який добре зарекомендував себе під час вивчення нафтогазоперспективних територій та площ суходолу, базу-

ється на створенні просторових інтегральних геолого-геофізичних моделей глибинної будови, узгоджених з усім наявним комплексом геолого-геофізичних відомостей, може бути застосованій для північно-західної частини шельфу Чорного моря [7-9].

Процес визначення оптимальних і геологічно змістовних параметрів просторової інтегральної моделі базується на розв'язанні обернених задач інтегральної інтерпретації геолого-геофізичних даних [8]. Згідно з їх постановкою і математичними методами розв'язку для отримання геологічно-змістовних моделей суттєве значення має залучення максимально можливо об'єму наявних апіорних геолого-геофізичних даних, в тому числі у процес створення моделі початкового наближення до шуканої інтегральної моделі. В зв'язку з цим, синтезування з наявних геолого-геофізичних даних апіорної моделі території досліджень є одним з основних етапів на шляху отримання інтегральної просторової геолого-геофізичної моделі глибинної будови, в тому числі і для моделі північно-західного шельфу Чорного моря.

Залежно від наявних геолого-геофізичних даних виділяється три основні способи формування апіорної моделі [10].

1. Формування 3D апіорної моделі на основі просторово низькоінформативних даних. При цьому залучаються 2D сейсмогеологічні побудови через мережу профілів, 1D свердловинна інформація, петрофізичні дані, а процес формування моделі включає:

- побудову вздовж кожного з профілів геолого-геофізичних структурних моделей та моделей розподілу фізичних властивостей [8];
- інтерполяцію (екстраполяцію) фізичних властивостей з профілів у міжпрофільний простір. Якщо профілі пов'язані між собою, спершу проводиться побудова структурних поверхонь основних геолого-геофізичних горизонтів, і вже з врахуванням структурних особливостей моделі здійснюється визначення просторового розподілу геолого-геофізичних властивостей.

2. Формування 3D апіорної моделі на основі просторово інформативних даних проводиться із залученням 2D сейсмогеологічних побудов через мережу профілів, 3D структурних побудов у межах одного або кількох опорних горизонтів, 1D свердловинної інформації, петрофізичних даних. Процес створення апіорної моделі складається з:

- побудови вздовж кожного з профілів геолого-геофізичних структурних моделей та моделей розподілу фізичних властивостей, в т.ч. потужностей пластів;
- побудови цифрових структурних карт опорних горизонтів;
- побудови площинних карт потужностей в т.ч. з врахуванням свердловинних даних;
- побудови додаткових структурних карт горизонтів, розташованих між опорними границями або поза їх межами;
- просторової інтерполяції (екстраполяції) фізичних властивостей з врахуванням геометрії опорних і додаткових структурних поверхонь.

3. Формування 3D апіорної моделі на основі просторово високоінформативних даних. Побудова апіорної моделі за цим алгоритмом відбувається із залученням 3D структурних побудов у межах основних сейсмогеологічних горизонтів, 1D свердловинної інформації, петрофізичних даних. Просторова інтерполяція (екстраполяція) фізичних властивостей здійснюється з врахуванням геометрії основних, а за необхідності і додаткових, структурних поверхонь.

Вихідні данні для створення апіорної просторової геолого-геофізичної моделі північно-західного шельфу Чорного моря.

За результатами раніше виконаних геолого-геофізичних досліджень на території північно-західного шельфу Чорного моря були отримані наступні відомості:

1) Структурні сейсмічні побудови горизонтів відбиття у відкладах осадового чохла М 1:200000 [11]:

- горизонт відбиття IV - підошва відкладів нижньокрейдового віку;
- горизонт відбиття IV^a - покрівля відкладів середньоальбського віку;
- горизонт відбиття III^г - підошва відкладів верхньосенноманського віку;
- горизонт відбиття III^б - покрівля відкладів коньяк-туронського віку;
- горизонт відбиття III^б - підошва відкладів верхньосантонського віку;
- горизонт відбиття III^m-III^k - поверхня карбонатів верхньокрейдового віку;
- горизонт відбиття III^a - покрівля відкладів нижньопалеоценового віку;
- горизонт відбиття II^б - покрівля карбонатів середньоценового віку;
- горизонт відбиття II^a - підошва відкладів майкопського віку;
- горизонт відбиття I^a - покрівля відкладів майкопського віку.

2) Дані батиметрії північно-західної частини шельфу Чорного моря.

3) Карти середніх швидкостей пружних хвиль глибинних рівнів (5000 м, 15000 м, 25000 м.) [12].

4) Карта поверхні Мохоровічича (Соллогуб В.Б., Соллогуб Н.В.) [14].

5) Зведена петрофізична характеристика відкладів осадового чохла півдня України [15].

6) Результати інтегрального геостатистичного моделювання Голіцинської площі [0].

Згідно з раніше наведеною класифікацією способів створення апіорних геолого-геофізичних моделей наявний комплекс вихідних геолого-геофізичних даних для північно-західної частини шельфу Чорного моря може бути охарактеризований як *інформативний*, що і визначає послідовність дій для створення початкової моделі.

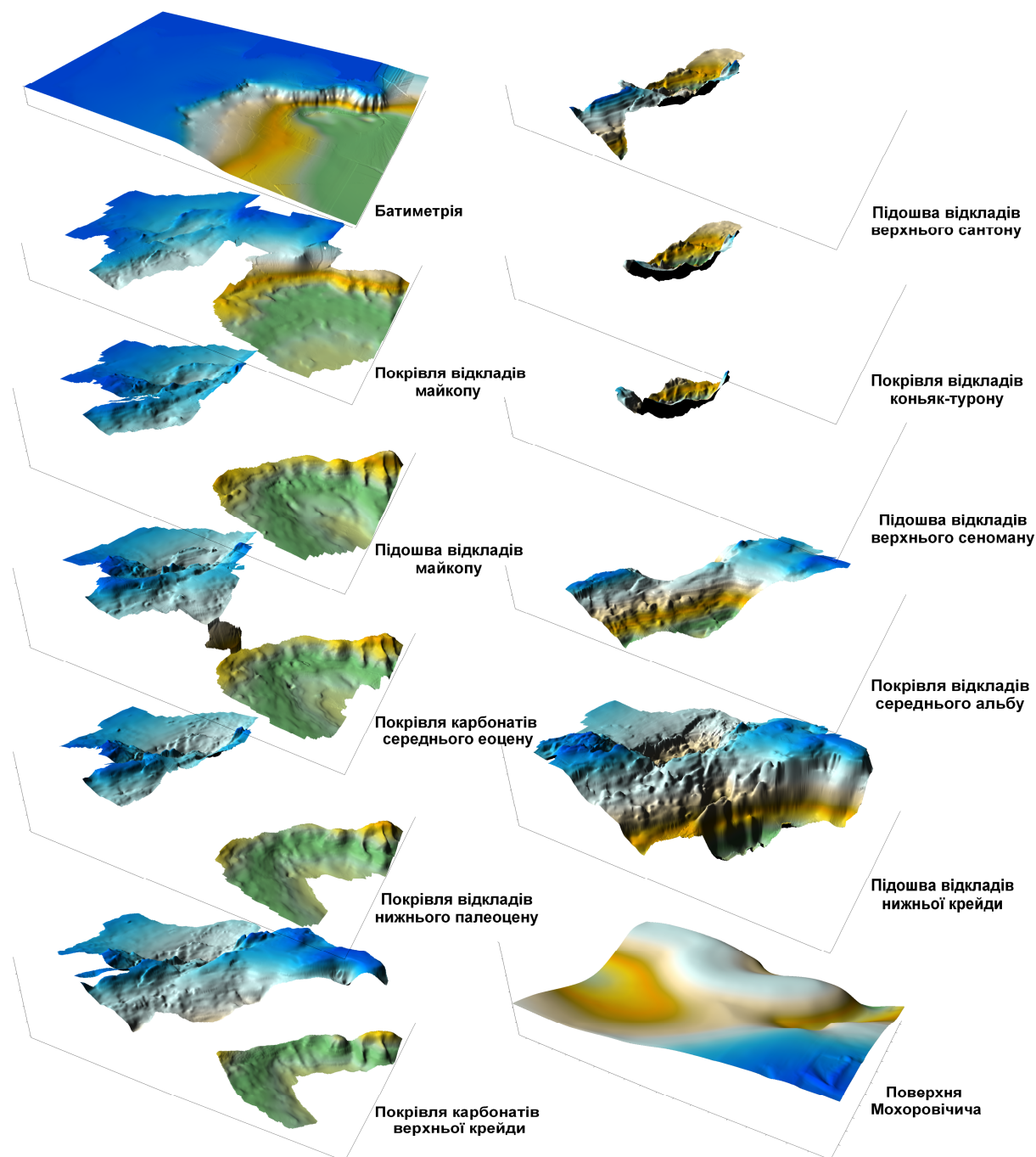


Рисунок 1 – Аксонометричне зображення початкової структурної моделі

Етапність процесу створення апріорної моделі північно-західного шельфу Чорного моря.

Етап 1. Формування просторової структурної моделі (рис. 1):

- цифрова модель границі Мохо – розділу між породами земної кори та верхньої частини мантії Землі за даними ГСЗ;

- цифрові моделі границь основних стратиграфічних горизонтів та порід докрейдової основи, за даними сейсмозвідки;

- цифрова модель поверхні морського дна – на основі даних батиметрії.

Етап 2. Формування просторової геогустинної моделі (рис. 2):

- густина порід верхньої мантії - $\sigma=3200 \text{ кг/м}^3$ (за довідниковими даними) [13];

- геогустинні властивості докрейдових відкладів за результатами перерахунку даних про середні швидкості, отримані в результаті досліджень методом ГСЗ, в геогустинні характеристики розрізу з використанням формули Гарднера [16]

$$y_i = a * \sqrt[4]{V_{nli}}, \quad (1)$$

де: y_i – густина порід i -того пласта (10^3 кг/м^3); a – коефіцієнт пропорційності, визначений на основі зіставлення відомих петрофізичних даних про зміну швидкості та густини порід для різних типів порід досліджуваного регіону (рис. 3, 4) прийнято рівним 0.33;

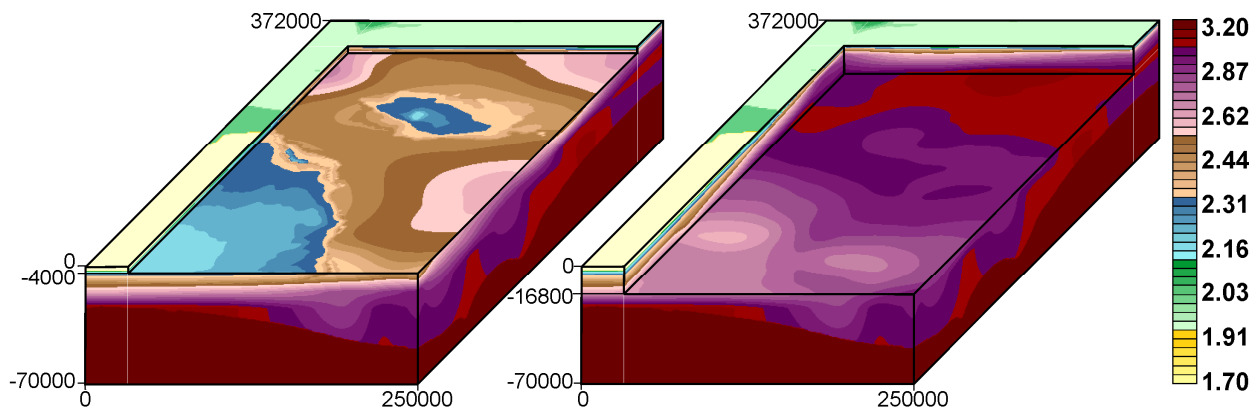


Рисунок 2 – Аксонометричне зображення апріорної просторової сейсмогравітаційної геогустинної моделі глибокої будови північно-західного шельфу Чорного моря

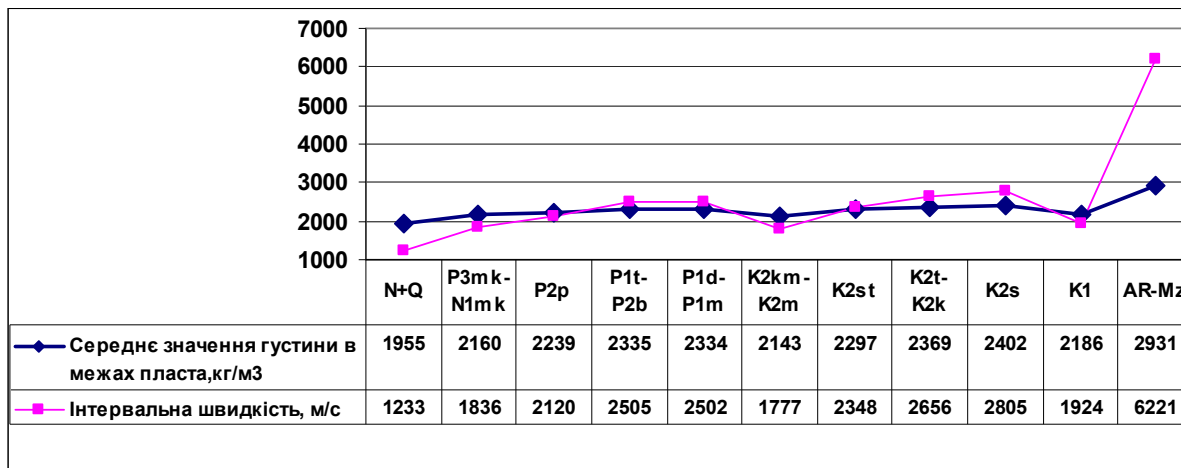


Рисунок 3 – Зіставлення швидкісних та густинних характеристик відкладів осадового чохла в межах північно-західного шельфу Чорного моря

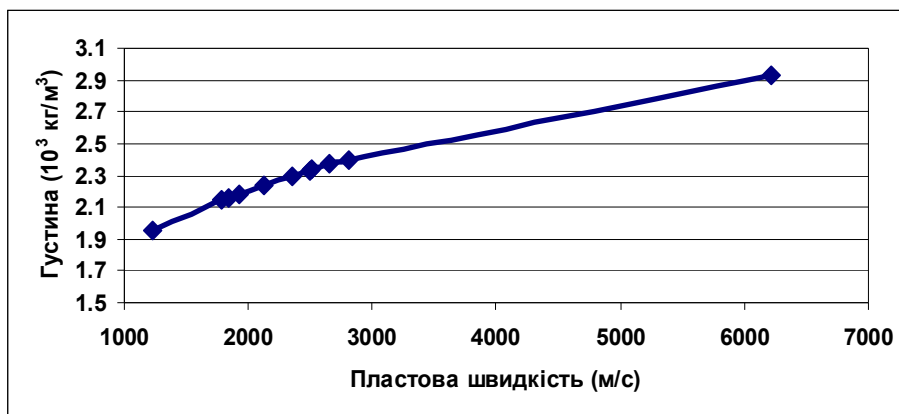


Рисунок 4 – Графік залежності густини від пластової швидкості

$V_{nl,i}$ – інтервальна швидкість у межах i -того пласта (м/с), розрахована за співвідношенням

$$V_{nl,i} = \frac{H_i - H_{i-1}}{t_{0i} - t_{0i-1}}; \quad (2)$$

t_{0i} – час проходження хвилі до покрівлі i -го пласта

$$t_{0i} = \frac{H_i}{V_{cp,i}}, \quad (3)$$

де: H_i – глибина залягання покрівлі i -того горизонту, для якого визначено розподіл середньої швидкості; $V_{cp,i}$ – середня швидкість розповсюдження пружних хвиль;
 – густинні властивості порід осадового чохла північно-західного шельфу Чорного моря, за результатами аналізу проведених петрофізичних досліджень різних авторів (табл. 1, рис. 5).
 – між поверхнею морського дна та «нульовою» поверхнею задано значення густини для солоної морської води – $\sigma = 1030 \text{ кг/м}^3$.

Таблиця 1 – Густинна характеристика відкладів північно-західного шельфу Чорного моря

ЕРА	Період	Епоха	Вік	Індекс	Горизонт відбиття	Густина				
						у межах пн.-зх. шельфу (кг/м ³)		у межах ЗЧ западини (кг/м ³)		
						покр.	під.	покр.	під.	
Кайнозойська	Четвертинний	Голоценова		Q ₂	Батиметрія	1900	1950	2000	2300	
		Плейстоценова		Q ₁						
	Неогеновий	Пліоценова	Акчагильський	N _{2ak}		Ia	1960	2150	2310	2480
			Кімерійський	N _{2k}						
		Міоценова	Месинський	N _{1m}						
			Тортонський	N _{1t}						
			Серравалійський	N _{1s}						
			Лангійський	N _{1l}						
			Будигальський	N _{1b}						
	Аквітанський	N _{1a}								
	Палеогеновий	Олігоценова	Хатський	P _{3h}	Pa	2160	2190	2480	2500	
			Рюпельський	P _{3r}						
		Еоценова	Приабонський	P _{2p}	Pб	2200	2290	2500	2510	
			Бартонський	P _{2b}						
			Лютетський	P _{2l}						
			Іпрський	P _{2i}						
		Палеоценова	Танетський	P _{1t}	IIIa	2280	2320	2510	2530	
			Монтський	P _{1m}						
Датський			P _{1d}							
Мезозойська	Крейдовий	Пізня	Маастрихтський	K _{2m}	III _m -III _k	2310	2350			
			Кампанський	K _{2km}						
			Сантонський	K _{2st2}	IIIб	2350	2390			
				K _{2st1}						
			Коньякський	K _{2k}	IIIв	2390	2430			
				Туронський						K _{2t}
		Сеноманський	K _{2s3}	IIIг	2430	2470				
			K _{2s2}							
			K _{2s1}							
		Рання	Альбський	K _{1al3}	IVa	2480	2520			
				K _{1al2}						
				K _{1al1}						
			Аптський	K _{1a}						
			Барремський	K _{1br}						
Готерівський	K _{1g}									
Валанжинський	K _{1v}									
Берріасський	K _{1b}	IV(K1)	2510		2520					
AR-J							3100		310	

Для перевірки адекватності створеної початкової геогустинної моделі з точки зору наявного гравітаційного поля в редукції Буге M 1:500000 (рис. 6) проведено розрахунок прямої просторової задачі гравірозвідки та обчислено середньоквадратичне відхилення між спостереженим та розрахованим гравітаційними полями, яке склало $96 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$.

Отримане значне середньоквадратичне відхилення свідчить про невідповідність параметрів створеної апріорної моделі спостереже-

ному гравітаційному полю. Аналіз характеру просторової поведінки відхилення між розрахованим і спостереженим гравітаційними полями – наявність значних за розмірами аномальних зон, став підґрунтям для припущення, що джерела цього відхилення знаходяться на рівні порід верхньої мантії, і можуть бути пов'язані з локальними змінами глибини залягання поверхні Мохо, яка була побудована за результатами достатньо рідкої мережі профілів ГСЗ та геогустинних властивостей верхньої мантії.

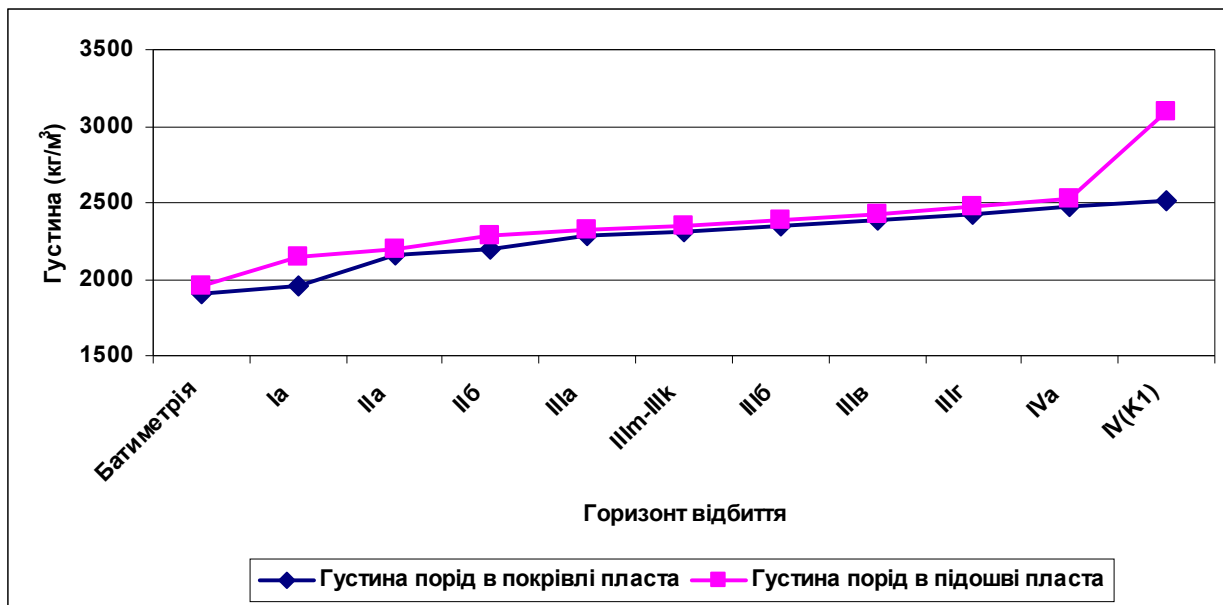


Рисунок 5 – Густинна характеристика відкладів осадового чохла в межах північно-західного шельфу Чорного моря

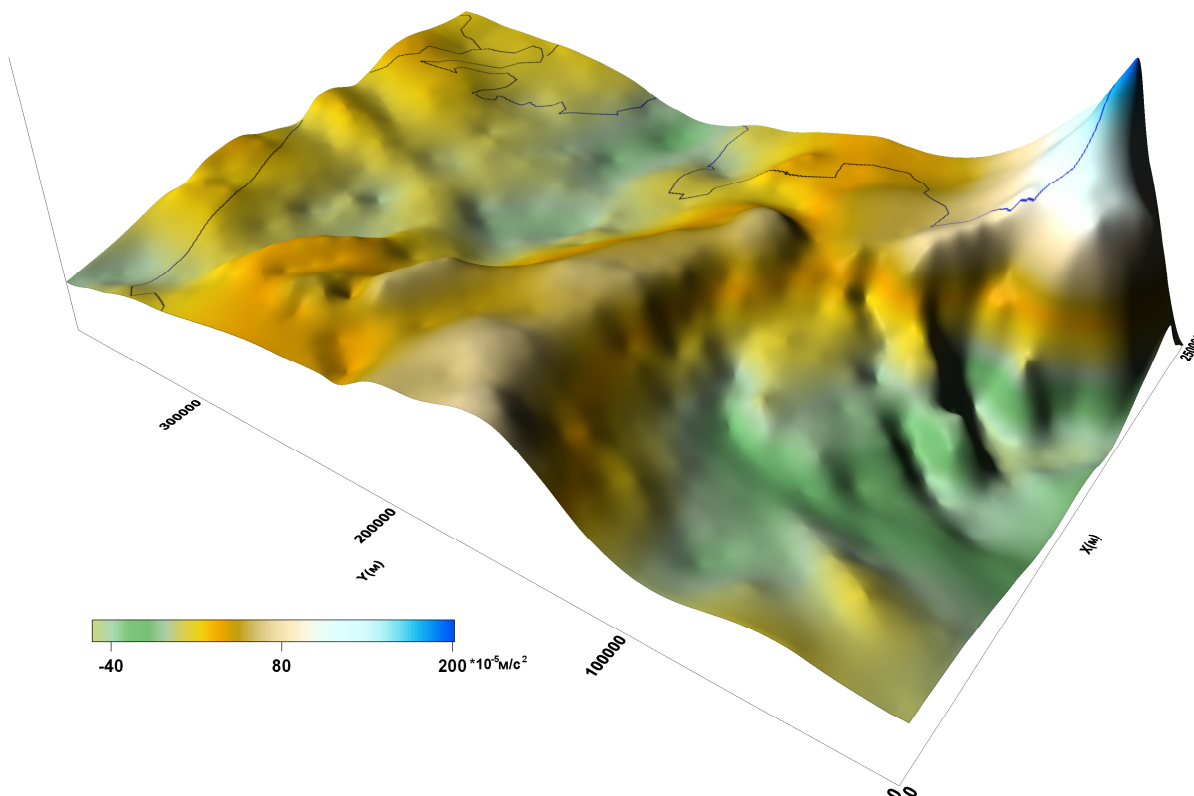


Рисунок 6 – Аксонометричне зображення аномального гравітаційного поля в редукції Буге в межах північно-західного шельфу Чорного моря

З врахуванням цих двох факторів коригування глибин залягання поверхні Мохо було проведено на основі розв'язку оберненої просторової структурної задачі гравірозвідки, а густих властивостей порід верхньої мантії – оберненої просторової лінійної задачі гравірозвідки. Після виконання всіх корегувань (рис. 7) середньоквадратичне відхилення між спостереженим та розрахованим гравітаційними по-

лями зменшилось більше ніж в чотири рази і склало $19 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$. Отримана величина відхилення є прийнятною для подальшого аналізу особливостей геогустинної будови докрейдової основи та осадового чохла північно-західного шельфу Чорного моря.

Висновки. Використовуючи наявні геолого-геофізичні дані про геологічну будову, пет-

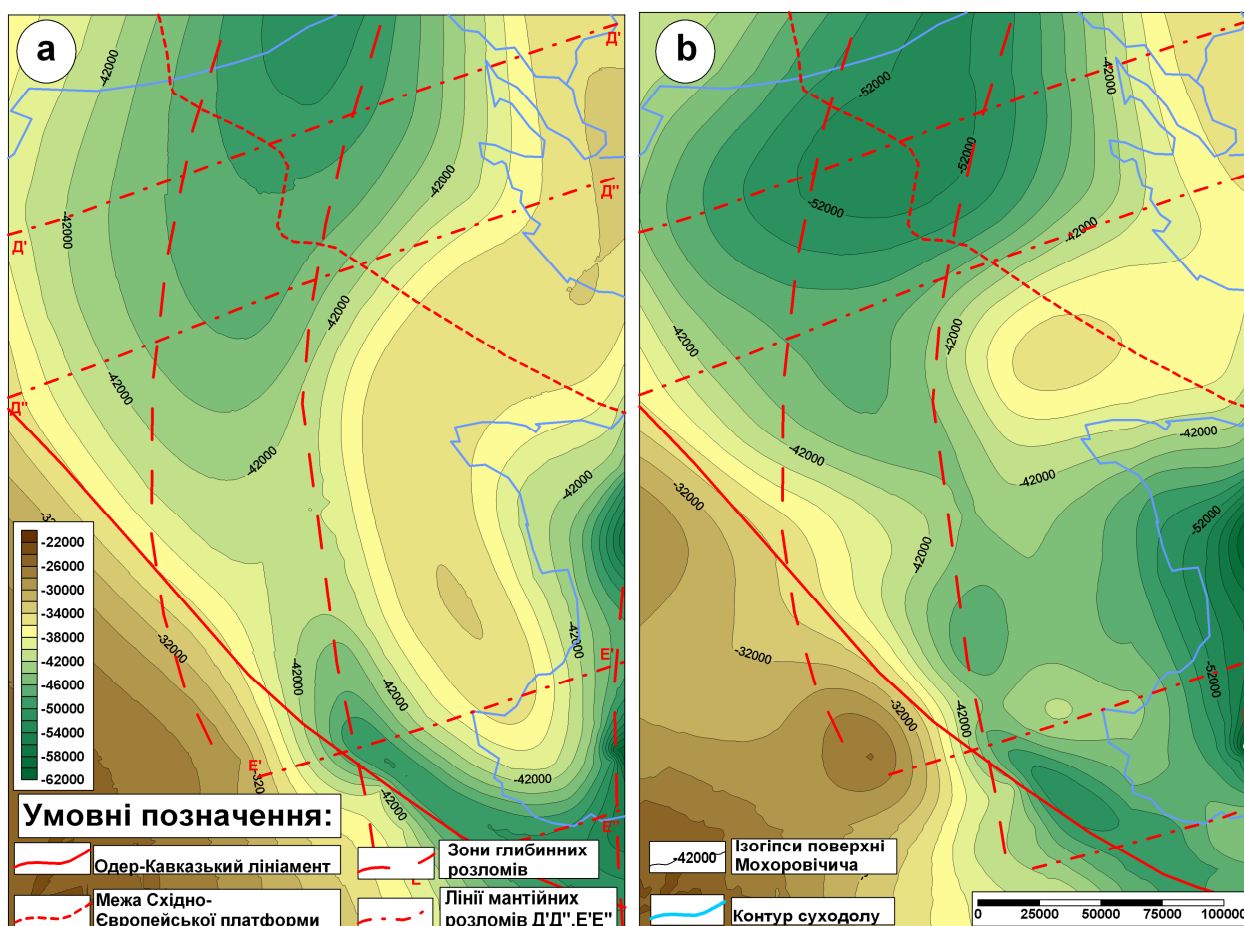


Рисунок 7 – Первинна (а) та скоригована (б) карта поверхні Мохоровічіча

рофізичні властивості порід, що складають основні тектонічні елементи північно-західного шельфу Чорного моря, – створено апріорну просторову геогустинну модель північно-західної частини шельфу Чорного моря, яка відповідає сучасним геодинамічним даним, сейсмічній інформації та принципово узгоджена з регіональним гравітаційним полем. Отримана модель надалі використовуватиметься як початкове наближення під час створення просторової інтегральної сейсмогравітаційної моделі північно-західного шельфу Чорного моря на основі застосування Технології інтегральної інтерпретації комплексу гравіметричних та геолого-геофізичних даних.

Подяки. Автори висловлюють подяку Причорноморському державному регіональному геологічному підприємству за ініціювання робіт в межах північно-західного шельфу Чорного моря та надані матеріали, а також науково-технічній фірмі «БШЕКС лтд.» за надану можливість провести синтезування апріорної просторової сейсмогравітаційної моделі глибинної будови північно-західного шельфу Чорного моря.

Література

- 1 Крупський Б.Л. Наукові аспекти досліджень з прогнозування нафтогазоносності надр на великих глибинах в Україні / [Б.Л.Крупський, В.В.Гладун, П.Я.Максимчук, В.П.Клочко] // Перспективи нафтогазоносності глибокозанижених горизонтів осадових басейнів України: зб. наук. праць; під. ред. Б.Й.Маєвського. – Івано-Франківськ: Факел, 2005. – С. 46-48.
- 2 Фохт К.К. Средняя юра юго-западной части Крыма. Отчет Геологического комитета за 1909г. / К.К. Фохт // Известия Геолкома. – 1910. – Т.24, №1. – 74 с.
- 3 Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова / М.В. Муратов. – М. : Госгеолтехиздат, 1960. – 207 с.
- 4 Казанцев Ю.В. Тектоника Крыма / Ю.В. Казанцев. – М. : Наука, 1982. – 111 с.
- 5 Герасимов М.Е. О структурно-литологических этапах (СЛЭ) осадочного чехла юга Украины / М.Е. Герасимов, Б.С. Кривченков // Геофизический журнал. – 1989. – №2. – С. 93-99.
- 6 Юдин В.В. Геодинамика Черноморско-Каспийского региона / В.В. Юдин. – К.: УкрГГРИ, 2008. – 117 с.

7 Кобрунов А.И. Теория интерпретации данных гравиметрии для сложнопостроенных сред: учебное пособие / А.И. Кобрунов. – К.: УМК ВО, 1989. – 100 с.

8 Петровский А.П.: дис. ... доктора физ.-мат. наук: 04.00.22 / Петровский Александр Павлович. – Ивано-Франковск, 2004. – 367 с.

9 Петровский А.П. Автоматизированная система GIS-количественной комплексной интерпретации данных сейсмогравиметрии для персональных компьютеров / А.П. Петровский, А.И. Кобрунов, В.Н. Суятинов // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Международный семинар им. Д.Г.Успенского (Москва, 31 января – 4 февраля 2000 г.): материалы 27-й сессии. – Москва, 2000. – С.133-135.

10 Федченко Т.А. Принципы создания геолого-геофизически согласованных пространственных моделей начального приближения // Геофизический журнал. – 2009. – № 3, Т.31. – С. 77–86.

11 Коморный А.Ф. Комплексная интерпретация материалов региональных сейсморазведочных работ МОВ ОГТ северо-западного шельфа Черного моря. Отчет по объекту 2/96. – Одесса, 2001.

12 Белокуров В.С. Поле скоростей продольных сейсмических волн в земной коре Черноморского региона / В.С. Белокуров // Геофизический сборник : респ. междуведомств. сб. – К.: Наукова думка, 1971. – С. 10-18. – (Серия «Теоретическая и экспериментальная геофизика»; вып. 44).

13 Геологія і корисні копалини України : атлас, присвяч. 10-річчю незалежності України; голов. ред. Л.С. Галецький; НАНУ, Мін. екології та природних ресурсів. – К.: Такі справи, 2001. – 168 с. – ISBN 966-02-2139-8.

14 Кольцов С.В. Сейсмостратиграфічні критерії вивчення глибинної будови та перспективи нафтогазоносності Північнокримського прогину і прилеглих територій : дис. ... канд. геол. наук : 04.00.22 / Кольцов Сергій Віталійович. – Івано-Франківськ, 2007. – 254 с.

15 Петровський О.П. Прогнозування перспектив нарощування ресурсної бази вуглеводнів в межах Голіцинської площі на основі створення інтегральної геолого-геофізичної моделі / [О.П. Петровський, П.М. Чепіль, П.М. Мельничук та ін.] // Геодинамика, сейсмичность и нефтегазоносность Черноморско-Каспийского региона: сб. тезисов докладов. – Симферополь, 2005. – С.135-138.

16 Gardner G.N.F. Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps / G.N.F. Gardner, L.W. Gardner, A.R. Gregory // Geophysics. - 1974. - Vol. 39, No. 6, P.770-780.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
25.05.10*

*Рекомендована до друку професором
Маєвським Б.Й.*