

**КОРИСНІ КОПАЛИНИ ОСАДОВИХ БАСЕЙНІВ;  
СУЧАСНІ МЕТОДИ ЛІТОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ /  
ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ ОСАДОЧНЫХ БАСЕЙНОВ;  
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК(553.63:551.736.1):552.14.001.57](477)

О.П. Лобасов<sup>1</sup>, Н.П. Сюмар<sup>2</sup>, С.Б. Шехунова<sup>2</sup>

**ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ ЛІТОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ НИЖНЬОПЕРМСЬКОЇ СОЛЕНОСНОЇ ФОРМАЦІЇ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЗАСОБАМИ ГІС**

О.Р. Lobasov, N.P. Syumar, S.B. Shekhunova

**DEVELOPING AND ANALYSIS OF DNIPRO-DONETS DEPRESSION LOWER PERMIAN SALT FORMATION LITHOLOGICAL MODEL BY MEANS OF GIS**

Узагальнено результати дослідження нижньопермської соленосної формації Дніпровсько-Донецької западини. Розроблено структуру і зміст бази даних по галогенних формаціях. Розроблено та використано нові методики застосування засобів просторового аналізу геоінформаційних систем на масиві геологічного матеріалу для побудови та аналізу літологічної моделі нижньопермської соленосної формації.

*Ключові слова:* соленосна формація, геоінформаційні технології, літологічна модель.

Обобщены результаты исследования нижнепермской соленосной формации Днепровско-Донецкой впадины. Разработана структура и содержание базы данных по галогенным формациям. Разработаны и использованы новые методики применения средств пространственного анализа геоинформационных систем на массиве геологического материала для построения и анализа литологической модели нижнепермской соленосной формации.

*Ключевые слова:* солёная формация, геоинформационные технологии, литологическая модель.

DDd Lower Permian salt formation study results are summarized. The structure and database content of halogen formations are developed. The new ways of GIS usage are developed to analyze the lithological model of the Lower Permian salt formation.

*Keywords:* salt formation, GIS, lithological model.

**ВСТУП**

Дослідження пермських солених відкладів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) розпочалося з XVIII ст. у Бахмутській улоговині. Роботи стимулювалися розвитком соляної промисловості на базі розсолпромиств на соляних джерелах, які були відомі вздовж р. Бахмут та неподалік від м. Тор (тепер Слов'янськ) ще з XI ст. Першу шахту в районі сучасного м. Артемівськ було споруджено та відкрито у 1881 р. Після проходки ряду свердловин біля міст Бахмут, Слов'янськ та «урядової свердловини» (1876–1880 рр.), що відкрила дев'ять потужних шарів кам'яної солі поблизу сел. Брянцівка.

З того часу завдяки роботам багатьох поколінь геологів-практиків та вчених, серед яких М.С. Шатський, Л.Ф. Лунгерсгаузен, М.В. Логвиненко, Л.П. Нестеренко, В.П. Бобров, Ю.М. Брагін, Ю.В. Буцик, М.П. Кожич-Зеленко, Т.Ю. Лапчик, І.В. Галицький, М.Г. Манюта, О.П. Рябіченко, С.М. Кореневський, Д.П. Хрущов, О.Ю. Лукін, К.С. Супрунюк та ін., накопичено багату інформацію про геологічну будову відкладів, їх речовинний склад, стратиграфічне розчленування тощо.

Нижньопермська соленосна формація, яка поширена на більшості території ДДЗ, поділяється на дві субформації: соленосну (відповідає микитівській і слов'янській світам) і калійно-магнієносну (відповідає краматорській світі). Соленосна субформація представлена чергуванням пластів кам'яної солі, вапняків, аргілітів, мергелів, ангідритів, галопелітів. Потужність пластів кам'яної солі сягає 75 м. Потужність субформації — до 1200 м [8, 12]. Калійно-магнієносна субформація складена кам'яною сіллю з прошарками ангідритів, засолених алевролітів, пісковиків та галопелітів, а також калійних та магнієвих солей. В розрізі субформації встановлено два калієносних горизонти — хлоридно-сульфатний (карналіт-кізеритовий) і хлоридний (сильвінітовий) та бішофітовий. З породами формації генетично пов'язані поклади кам'яної солі та бішофіту, парагенетично — родовища вуглеводнів; принаймні ці дві обставини роблять актуальним дослідження літологічних особливостей будови формації, зокрема створення її літологічної моделі, яка б враховувала весь сучасний доступний масив геологічної інформації. У 70–80 роках ХХ ст.

такі моделі у вигляді комплектів двомірних карт різної детальності були створені С.М. Кореневським [8, 9], В.К. Гавришем [4], Ю.М. Брагіним [2], Д.П. Хрущовим [8, 12], О.Ю. Лукінім [10, 11], Ю.О. Арсірієм [1]. Сьогодні вимагає використання сучасних підходів та технологій для вирішення геологічних задач, зокрема застосування геоінформаційних систем (ГІС) для обробки значних масивів геологічної інформації. Загальна кількість існуючих ГІС-пакетів у світі вимірюється багатьма десятками. Проте найвідомішими і найпоширенішими програмними продуктами є MapInfo Professional, Idrisi (розроблено в університеті Кларка, США), Surfer (США), Gstat (Нідерланди) та ГІС ПАРК (Росія). Найкраще ж себе зарекомендували при роботі з дрібномасштабними картами геологічного напрямку такі ГІС, як ArcInfo і ArcView GIS (ESRI).

Проте можна констатувати, що на сьогоднішні ГІС-технології для дослідження солених формацій ДДЗ (крім побудованої за редакцією Т.С. Гейко у 2004 р. карти покрівлі нижньої пермі ДДЗ масштабу 1:200 000) не використовувалися [5]. Тому метою даної роботи є застосування засобів просторового аналізу ГІС для створення й аналізу літологічної моделі нижньопермської соленої формації ДДЗ.

Для цього виконано такі завдання:

- зібрано та структуровано інформацію про геологічні, літологічні, геохімічні, характеристики нижньопермських галогенних утворень (формування бази даних);
- виконано структурно-текстурні, мінералогічні та інші дослідження кам'яної солі та інших порід для доповнення бази даних новою інформацією;
- узагальнено та проаналізовано інформацію традиційними методами;
- розроблено спеціалізовані методики візуалізації та аналізу результатів моделювання.

#### **ЛІТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ НИЖНЬОПЕРМСЬКОЇ СОЛЕНОСНОЇ ФОРМАЦІЇ**

*Вихідна інформація для побудови моделей.* Нижньопермська солена формація ДДЗ добре охарактеризована керном. Результати узагальнення його досліджень та аналітичних робіт наведені у вигляді таблиць, які містять декілька ієрархічних рівнів інформації, що відбиває структуру соленої формації (рис. 1).

Вихідна інформація для побудови просторових моделей осадових формацій представлена літолого-стратиграфічними розрізами свердловин

(побудованими за даними вивчення керна) та геологічними профілями, побудованими за даними регіональної сейсмозвідки. Вона характеризується просторовою фрагментарністю, багатоваріантністю геологічної інтерпретації польових геолого-геофізичних матеріалів, що робить неможливою розробку моделей без використання апріорної інформації, яка базується на ряді припущень про зв'язок структурних та літологічних параметрів, тією або іншою мірою статистично обґрунтованих. Процес моделювання розбивається на два послідовних етапи: побудову моделі структурних границь та власне літологічної моделі соленої формації.

При побудові моделі нижньопермської соленої формації ДДЗ використано різноманітні джерела інформації різного ступеня достовірності, які зводяться до чотирьох основних типів:

- свердловини з повними або частковими розрізами соленої товщі;
- геологічні розрізи, побудовані вздовж регіональних сейсмічних профілів;
- контури області поширення товщі;
- числові моделі геологічних границь, побудови яких виконані раніше.

Останні два види даних створюють апріорне уявлення про будову осадового комплексу і належать до апріорної інформації.

Свердловинна інформація за визначенням має найбільший індекс достовірності, однак на практиці її точність залежить від якості стратиграфічних розбивок. Всього для створення моделі використано дані 699 свердловин і 20 геологічних розрізів, побудованих різними авторами і в різні роки. Враховуючи ручний характер побудов та різною мірою гіпотетичність розрізів, прив'язка границь на них має невисоку точність як по трасі розрізу, так і по глибині. Це дозволяє використовувати їх лише в якості певного наближення до реальної картини геологічної будови розрізу.

Контури поширення формації також значною мірою гіпотетичні і мають невисоку точність. Зовнішній контур було оцифровано з карт розповсюдження відкладів нижньої пермі масштабу 1:200 000 [9]. Для зони зчленування ДДЗ та Донбасу проаналізовано версію контурів поширення соленої формації С.М. Кореневського та Ю.М. Брагіна [2, 9]. Крім того, нами побудовано власний варіант контуру поширення нижньопермської соленої формації за результатами узагальнення всіх зібраних даних.

Місцезнаходження, регіон: Полтавська обл., Красноградський р-н, правий берег р. Берестова  
 Географічні координати: північна широта XXXXXX, довгота XXXXXX, висота над рівнем моря XXXXX м  
 Формация: каліє-магнієва

№ шару	Стратиграфічне подання		Лінійна глибина, м	Потужність, м	Орієнтація, град	Літологічні особливості	Самонависність (шотт)	Вміст кр.%, %	Текстура	Структура		Мікро-структура	Мікро-текстура	Мінеральний склад		Геохімічні характеристики	
	Світа	Пізнє								За розміром зерн	За формою зерн			Мінеральний склад	Вміст	Відсоток на атомній основі	Відсоток на іонній основі
1			2633	87	0-10	Кам'яна сіль середнього розміру з перешаруванням аргілітів		36	Шарувата	Крупно-кристалічна	Субдіоморфна, субперікрісталічна			Ангідрит Кварц Полігаліт	Гідроксиди		
2			2700	41		Перешарування доміюючих аргілітів порід, кам'яної солі і аргілітів		34	Шарувата	Крупно-плакатно-кристалічна						+12,6	
3			2744	35		Кам'яна сіль середнього та середнього розміру		0									
4			2774	38	Субперікрісталічна	Перешарування доміюючих аргілітів порід, кам'яної солі і аргілітів		40	Брекчійно-шарувата	Крупно-плакатно-кристалічна	Мікроформна, субдіоморфна, субперікрісталічна			Ангідрит Кварц	Гідроксиди	+10,2 +8,8	-8,3
5			2812	43	0-10	Кам'яна сіль середнього розміру товстими прошарками аргілітів		37	Шарувата (5-10см)	Гіганто-кристалічна	Крупно-кристалічна			Ангідрит Кварц			
6			2855	82	Невстановлено	Перешарування кам'яної солі з аргілітами та аргілітами		21	Шарувата	Крупно-кристалічна	Невстановлено			Ангідрит Кварц		+12,6	
7			2937	68	-0	Кам'яна сіль середнього розміру з перешаруванням аргілітів		16	Невстановлено	Гіганто-кристалічна	Субдіоморфна						
8			3005	188	-0 -30	Перешарування кам'яної солі з доміюючими аргілітами та аргілітами		26	Невстановлено	Крупно-кристалічна, гіганто-кристалічна	Субдіоморфна			Кварц	Гідроксиди Хлориди металоїди шаруваті доміюючі		

1 2 3 4

Рис. 1. Елемент бази даних соленосних і калієносних формацій України: нижньопермська соленосна формація ДДЗ. Свердловина Наталіїнська 632; інт. від 3193 до 2613 м. Умовні позначення: 1 — ангідрит; 2 — аргіліт; 3 — кам'яна сіль; 4 — доломіт

Важливим видом апріорної інформації є числові моделі поверхонь відбиваючих сейсмічних горизонтів, які побудовані на основі комплексної інтерпретації сейсморозвідувальних даних і даних буріння. При створенні моделі відкладів нижньої пермі використовувалася цифрова структурна карта підосви тріасу масштабу 1:200 000 [5].

Крім того, враховано поширення солянокупольних структур з рівнем протикання [1, 4, 5], вищим за границю нижньої пермі, які умовно розглядалися як острови в нижньопермському морі-лагуні.

*Методика побудови.* Методика розроблення цифрової літологічної моделі нижньопермської соленосної формації ґрунтується на побудові узгоджених математичних моделей границь та товщин усіх складових літокомплексів осадової формації шляхом сплайн-апроксимації з використанням апріорної інформації про будову товщі. Основи методики цифрового моделювання з застосуванням математичного апарату програмного комплексу Geomapping, який реалізований в середовищі ГІС ArcView, викладено в роботах [3, 6, 7, 13, 14]. Комплекс дозволяє будувати структурні моделі і моделі літологічних параметрів з розривами та урахуванням апріорної інформації у вигляді числових моделей-аналогів, до яких шукана поверхня має бути подібною за формою або значеннями поверхні (границі).

Алгоритм побудови моделі зводився до такої послідовності дій.

1. Побудова регіональної цифрової моделі підосви тріасу (за даними Т.С. Гейко [5]), яка надалі використовується в якості апріорної інформації.

2. Побудова моделі покрівлі нижньопермської соленосної формації.

Модель покрівлі (D) будується за свердловинами та виправленими значеннями в точках профілів із подібністю за формою до моделі підосви тріасу.

3. Побудова моделей товщин літокомплексів, субформацій нижньопермської соленосної формації.

Модель товщини (H) будується за значеннями в свердловинах. На апріорному контурі області поширення відкладів солі задається додатковий масив точок з нульовими значеннями товщини. На контурах соляних штоків за умови прийняття гіпотези постседиментаційного їх росту задається розрив значень товщини.

За умови прийняття гіпотези конседиментаційного росту штоків на їх контурах задаються додаткові точки з нульовою товщиною. Модель будується в два етапи. Спочатку створюється гладкий тренд товщини з дотриманням зазначених вище умов (автоаналог). На другому етапі будується результуюча модель на тих же умовах з подібністю до автоаналога за значеннями.

4. Побудова моделі підосви нижньопермської соленосної формації.

Модель підосви пермі (U) визначається як сума гідів покрівлі та товщин субформацій:  $U = D + Hkr + Hnk + Hsl + Hkm$ , де Hkr, Hnk, Hsl, Hkm — товщина картамишської, микитівської, слов'янської та краматорської субформацій відповідно. Підосва пермі у такий спосіб побудови успадковує систему порушень покрівлі пермі.

Для перевірки якості побудов застосовувались геологічні профілі.

Побудова літологічної моделі осадового комплексу значною мірою використовує геологічні гіпотези про процеси його формування. Для витриманих по латералі літологічних горизонтів застосовується методика побудови моделей структурних поверхонь. Однак у загальному випадку літологічний розріз являє собою тонке перешарування кількох літологічних різновидів. Простежити кожний такий прошарок у міжсвердловинному просторі неможливо. Зміна літологічних різновидів у розрізі зумовлюється зміною умов осадконакопичення. Це означає, що перехід одного різновиду в інший залежить від попередніх переходів, тобто кожному переходу відповідає певна ймовірність. Математичними моделями таких і подібних природних процесів є марківські ланцюги різного порядку.

Для моделювання літологічної послідовності нами використано нестационарний марківський ланцюг першого порядку, в якому ймовірність поточного переходу залежить від останнього попереднього і не залежить від усіх інших попередніх переходів.

На першому етапі для кожної із свердловин, що розглядається, розраховується нестационарна (тобто залежна від положення в розрізі літокомплексу) матриця вірогідностей взаємних переходів літологічних різновидів.

На другому етапі на основі матриці вірогідностей виконується прогнозування літологічних розрізів у довільних точках області дослідження. Кожний елемент матриці вірогідностей переходів у цих точках розраховується шляхом інтерполяції його значень в свердловинах, де





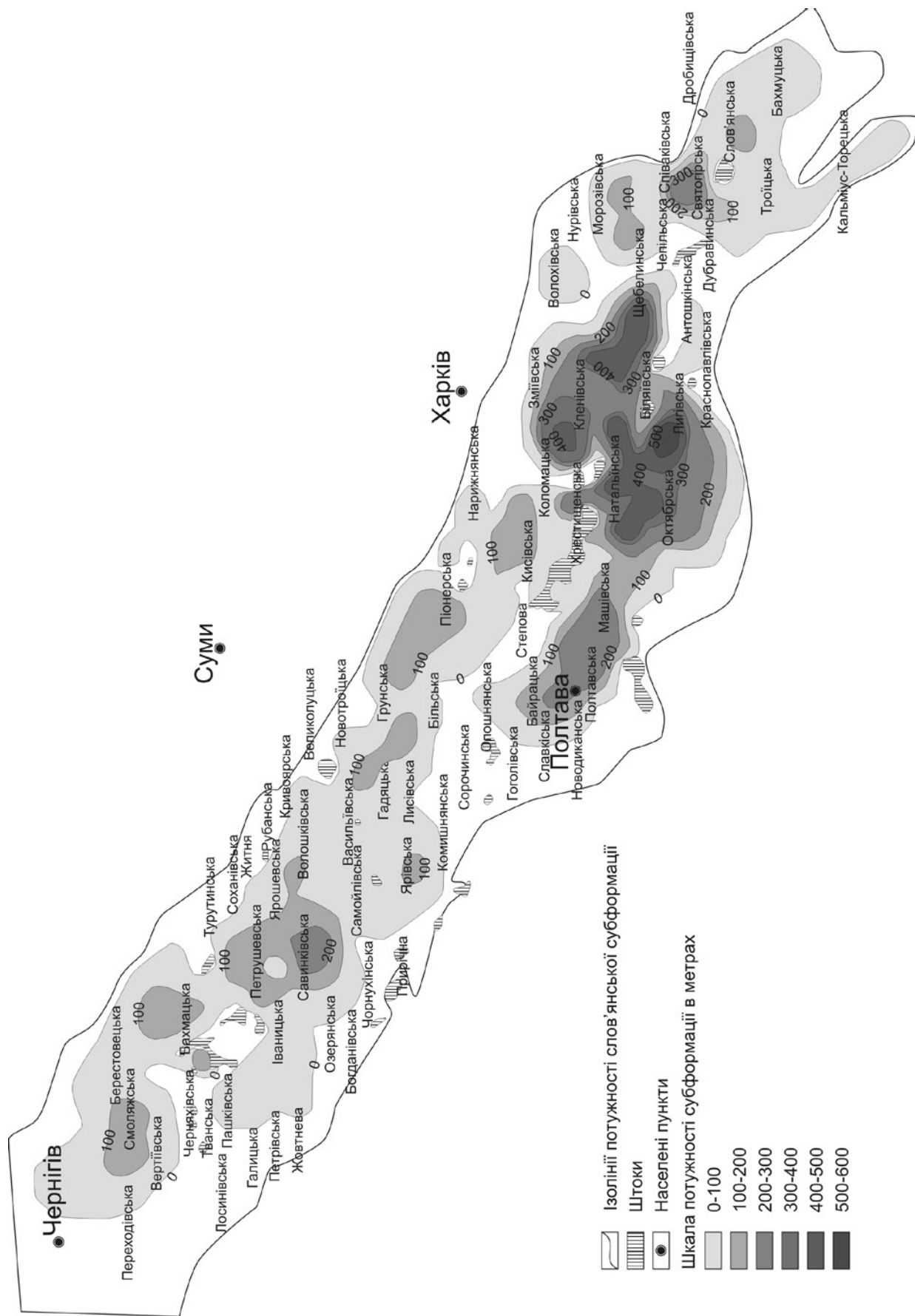


Рис. 2 б. Модель товщини соленисної (слов'янської) субформації Дніпровсько-Донецької западини



Рис. 2 в. Модель товщини соленосної (микитівської) субформації Дніпровсько-Донецької западини



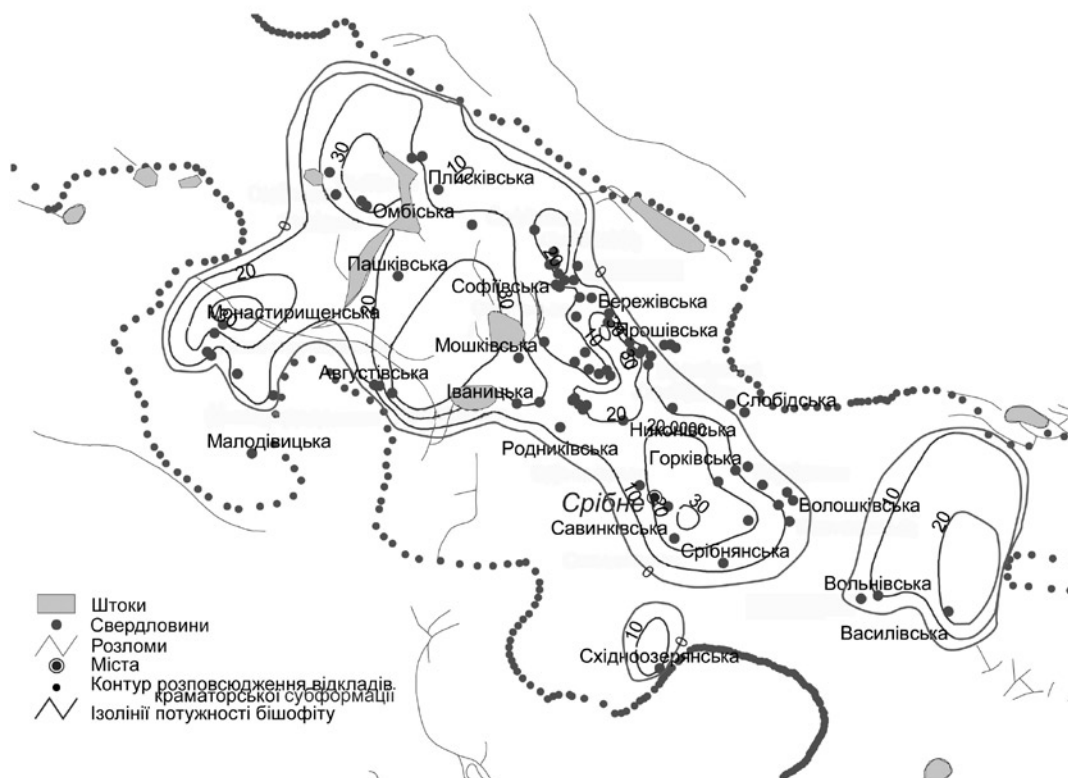


Рис. 3 а. Модель товщини бішофітового літокомплексу з урахуванням даних свердловин та контуру поширення формації краматорських відкладів

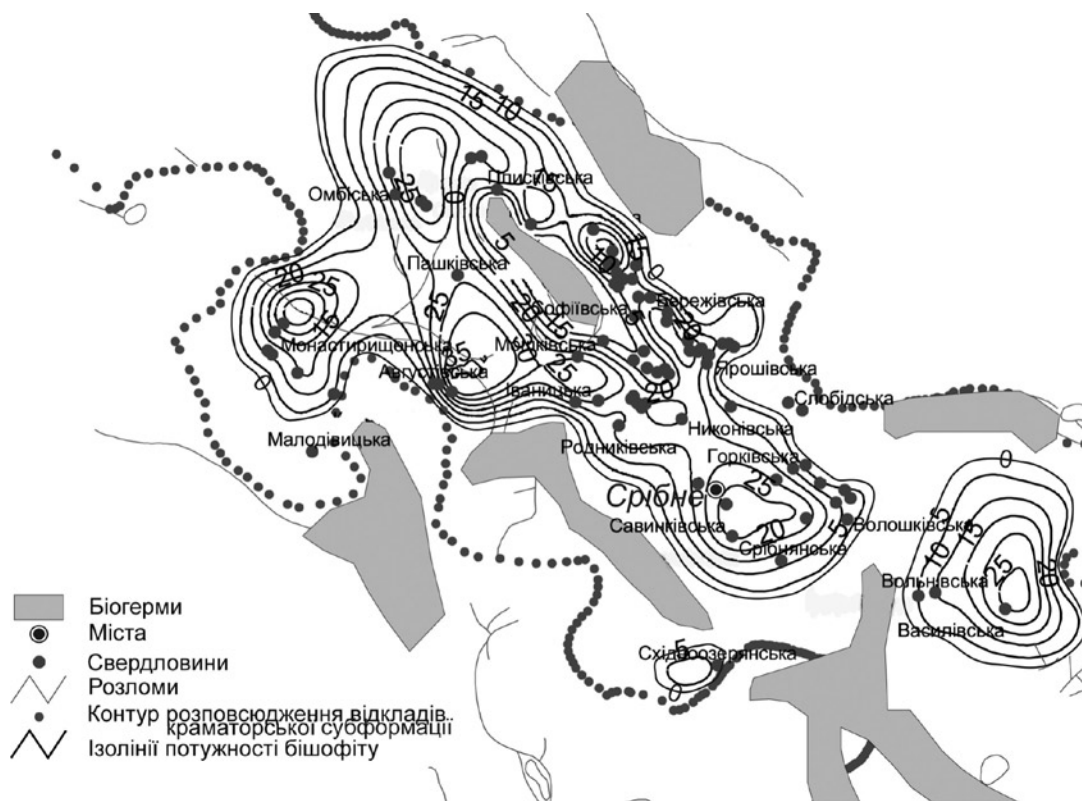


Рис. 3 б. Модель товщини бішофітового літокомплексу з урахуванням даних свердловин, контуру поширення формації, товщини краматорських відкладів та біогермів, як островів в епоху утворення краматорської субформації



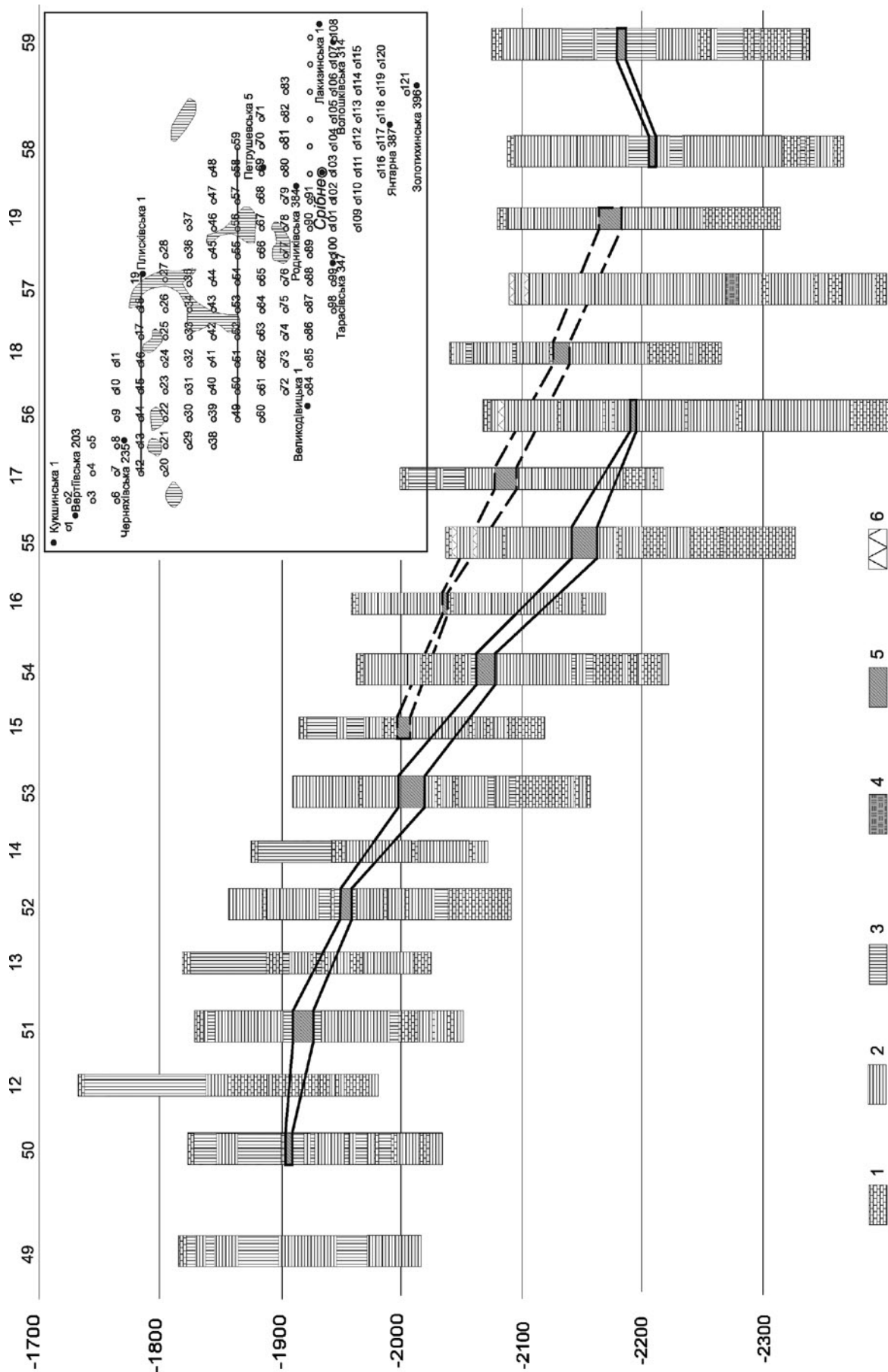


Рис. 4. Синтетичні літологічні розрізи за результатами статистичного літомоделювання

1 — кам'яна сіль; 2 — кам'яна сіль з прошарками карбонатно-сульфатно-глинистих порід; 3 — карбонатно-сульфатно-глинисті породи; 4 — калійно-магнієві солі; 5 — брекчіподібні породи; 6 — калійні солі

3. Волков В.А., Гребенников С.Е., Иванов С.А. и др. Система обработки данных для решения задач разведки нефтяных и газовых месторождений "Горизонт-83" // Разработка и создание АСУ-Геология. — М.: ВИЭМС, 1983. — Вып. 9(49) — 63 с.
4. Гавриш В.К., Євдошук М.І., Мачуліна С.О. та ін. Палеоструктурно-геологічна карта докам'яновугільних відкладів та нафтогазоносності Дніпровсько-Донецького рифтогену. — К.: ІГН НАН України, 2001.
5. Аналіз геологічної ефективності геолого-геофізичних досліджень в нафтогазоносних регіонах України / ДГП «Укргеофізика»; Керівник теми Т.С. Гейко. — К. — 2004.
6. Гребенніков С.Е., Лобасов О.П. Геолого-математичне моделювання і географічні інформаційні системи в задачі моніторингу седиментаційних басейнів // Вісн. Київ. нац. ун-ту. Геологія. — 2001. — Вип. 19. — С. 28–31.
7. Гребенніков С.Е., Лобасов О.П. Моделювання будови осадових басейнів в середовищі ArcView // Мінер. ресурси України. — 2003. — № 4. — С. 37–43.
8. Кореневский С.М., Бобров В.П., Супрунко К.С. и др. Галогенные формации Северо-западного Донбасса и Днепро-Донецкой впадины. — М.:Недра, 1968. — 240 с.
9. Типы галогенных формаций Украины и Молдавии, их минералогия и прогноз оценки / Институт «Всегеи»; Руководители темы С.М. Кореневский. — № 44485. — Ленинград, 1982. — Кн. 1–2.
10. Лукин А.Е. Пермская система // Геология и нефтегазоносность Днепро-Донецкой впадины. Стратиграфия. — Киев: Наук. думка, 1988. — С. 86–101.
11. Лукин А.Е., Гожик П.Ф., Загороднюк П.А. и др. Днепро-Донецкий бишофит: генезис, основные аспекты практического использования, геоэкологическое значение // Геол. журн. — 2000. — № 3. — С. 7–22.
12. Хрущов Д.П. Літологія і калієносність соляних відкладів Дніпровсько-Донецької западини. — К.: Наук. думка, 1974. — 160 с.
13. Шехунова С.Б., Лобасов О.П. Просторовий статистичний аналіз систем тектонічних порушень Дніпровсько-Донецької западини та застосування його результатів // Геологія і геохімія горючих копалин. — 2001. — №1. — С. 73–80.
14. Шехунова С.Б., Лобасов О.П., Сухомлин Н.П. Побудова та аналіз літологічної моделі верхньоюрської соліносної формації Предобрудзького прогину засобами ГІС // Сучасні напрямки Української геологічної науки: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. — К., 2006. — С. 62–71.

<sup>1</sup> — Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості» НАК «Нафтогаз України», Київ

<sup>2</sup> — Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
E-mail: siumar@meta.ua

Рецензент — акад. НАН України Є.Ф. Шнюков