

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

УДК 622.03.033:552.53:[552.(08+122)+553.085]:004.94

Л.П. Босевська<sup>1</sup>, Д.П. Хрущов<sup>2</sup>, О.П. Лобасов<sup>3</sup>, Ю.В. Кирпач<sup>2</sup>

**ЦИФРОВА МОДЕЛЬ СОЛОТВИНСЬКОЇ СОЛЯНОКУПОЛЬНОЇ СТРУКТУРИ\***

L.P. Bosevska, D.P. Khrushchov, O.P. Lobasov, Yu.V. Kyrpach

**SOLOTVINO SALT DOME STRUCTURE DIGITAL MODEL**

Цифрові моделі є найбільш інформативним засобом об'ємного відображення внутрішньої і зовнішньої структури осадових формаційних одиниць. У даній роботі наведено результати побудови структурно-літологічної моделі найбільш вивченої солянокупольної структури баденської галогенної формації Карпатського внутрішнього прогину — Солотвинської. Модель відображає функціональні властивості геологічного середовища даного соляного масиву, які пов'язані зі структурно-текстурними особливостями соляних порід. Створена модель повинна стати основою експертно-управлінської системи для вирішення будь-яких практичних завдань, що пов'язані з поводженням з проблемною ділянкою геологічного середовища.

*Ключові слова:* соляна порода, структура, текстура, функціональні властивості, цифрова модель.

Цифровые модели являются наиболее информативным способом объемного отображения внутренней и внешней структуры осадочных формационных единиц. В данной работе приведены результаты построения структурно-литологической модели наиболее изученной солянокупольной структуры баденской галогенной формации Карпатского внутреннего прогиба — Солотвинской. Модель отображает функциональные свойства геологической среды данного соляного массива, которые находятся во взаимосвязи со структурно-текстурными особенностями соляных пород. Созданная модель должна стать основой экспертно-управленческой системы для решения каких-либо практических задач, связанных с обращением с проблемным участком геологической среды.

*Ключевые слова:* соляная порода, структура, текстура, функциональные свойства, цифровая модель.

Digital model represents the most informative mean of volumetric reflection of internal and external structure of sedimentary units. In the paper the results of structure-lithologic model development of the most explored Solotvino salt dome of Badenian evaporite formation of the Carpathian internal depression are presented. The model reflects functional features of geological environment of the salt massif which were determined by means of structure-lithologic methods. The model created has to become the basis for expert-managing system for solution of any practical problems connected with the area of geological object.

*Keywords:* rock salt, structure, texture, functional properties, digital model.

**АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ.  
ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ**

Останніми роками на Солотвинському родовищі кам'яної солі виникла надзвичайна екологічна ситуація, результатом чого стала втрата діючих шахт, повна аварійна зупинка роботи солевидобувного підприємства, припинення діяльності унікального підземного відділення спелеосанаторію Української алергологічної лікарні, а також деградація ландшафту, виникнення дестабілізованого рельєфу, засолонення транскордонної р. Тиси. Причиною виникнення цієї ситуації стало порушення природної захищеності соляного масиву внаслідок проведення виробничих заходів без достатнього наукового обґрунтування, зокрема без урахування функціональних властивостей кам'яної солі й

особливостей структурно-літологічної будови масиву. Це спричинило первісно некоректний вибір ділянок для розташування підземних виробок та помилкові розрахунки їх тривалої стійкості, результатом чого за умов недостатньої зовнішньої захищеності соляного тіла розвинувся інтенсивний і масштабний техногенний карст [5]. Відомо також ряд експлуатаційних помилок — жорстке проведення вибухових робіт, а також відбір розсолів з надсолевих товщ при експлуатації підземних сховищ.

Дослідженнями останніх років доведено, що функціональні властивості соляного масиву (міцнісні, фільтраційні, сировинні, технологічні, захисні тощо) обумовлюються перш за все літологічними особливостями соляних порід [2, 3, 4, 6, 8]. Найбільш ефективним засобом

\*Стаття друкується в авторській редакції

просторового відображення функціональних властивостей соляного середовища є цифрове структурно-літологічне моделювання.

Побудова структурно-літологічної моделі Солотвинської структури, що відображає функціональні характеристики соляного середовища, є актуальною задачею сьогодні у зв'язку з необхідністю результативного розв'язання екологічних проблем і вирішення питань подальшого використання об'ємів соляного масиву, що залишилися, для відновлення видобування кам'яної солі та повноцінної діяльності алергологічної лікарні.

*Метою публікації* є демонстрація результатів побудови цифрової структурно-літологічної моделі Солотвинської солянокупольної структури з адекватним просторовим відображенням структурних, літологічних і функціональних характеристик соляного тіла.

#### МАТЕРІАЛ, МЕТОДИ ТА ПРОЦЕДУРА ПОБУДОВИ МОДЕЛІ

Структурно-літологічна модель (СЛМ) — адекватне зображення будови, речовинного складу, а також фізико-механічних та інших властивостей (з урахуванням умов утворення і розвитку) конкретного геологічного об'єкту, як основи для його пізнання й оцінки можливості цільового використання. Цифрова структурно-літологічна модель являє собою віртуальне об'ємне багатостороннє відображення геологічного об'єкту, що містить введені його структурні і якісні характеристики. Ця модель, як певна система даних, включає картографічну й фактографічну складові. Картографічна складова являє собою набір цифрових літостратиграфічних границь у трьох вимірах. Фактографічна складова — це набір літологічних, геохімічних, фізико-механічних та інших характеристик, прив'язаних до опорних розрізів [7].

Процедура розроблення цифрової моделі включає дві стадії: підготовку базової об'ємної аналогової СЛМ (двомірної) та подальшу її комп'ютерну реалізацію.

*Побудова базової аналогової об'ємної моделі* складалася з наступних етапів: підготовка опорних розрізів; виділення структурно-літологічних (функціональних) типів з урахуванням визначень фізико-механічних властивостей (передусім — міцнісних) різних структурно-літологічних типів; розчленування наявних розрізів за визначеними типами згідно з прийнятими методичними прийомами; виділення структурно-літологічних

елементів та їх кореляцію із застосуванням апріорик; побудова профілів.

При побудові моделі як головні показники функціональних властивостей середовища масиву використано показники механічної міцності різних літотипів кам'яної солі та їх фільтраційні властивості. Як показник механічної міцності прийнята межа міцності на одноосьове стиснення ( $\sigma_{cr}$ ). До уваги приймається як середньостатистичний показник так звана «кубікова» міцність (міцність зразка соляної породи непорушеної структури зі співвідношенням сторін 1:1:1).

Фактографічною основою побудови моделі стала база даних, що включала матеріали документації буріння свердловин різних років, детальні описи підземних виробок, дані поверхневого та підземного картування, карстологічних зйомок та геофізичних досліджень. В базу даних входять також описи 30 найбільш глибоких субвертикальних та горизонтальних свердловин (з гірничих виробок), до яких прив'язані дані лабораторних визначень, — результати поінтервальних механічних випробувань зразків кам'яної солі, виконаних у різні роки УкрНДІсіль (м. Артемівськ) та ДНДІ Галургії (м. Калуш).

Побудова аналогової об'ємної СЛМ включала на першому етапі обов'язкове встановлення ієрархічної структури об'єкту моделювання і літологічного заповнення виділених структурних елементів.

За зовнішньою структурою Солотвинське соляне тіло являє собою купол діапирового типу, який знаходиться у Солотвинській западині Карпатського внутрішнього прогину і за розмірами належить до малих діапирових структур. Соляне тіло має орієнтовану спотворено-субконічну будову із завуженою північно-західною перикліналлю, і в плані на зрізах має ускладнено-еліпсоїдальну форму. Відповідно до форми куполу площа зрізів з глибиною збільшується. Орієнтація куполу узгоджується із загальним регіональним простяганням структурних елементів Карпатського внутрішнього прогину — із південного сходу на північний захід.

Неотектонічні процеси і зростання куполу тривають і дотепер.

Своєю верхівкою купол виходить під малопотужні (від 0,0 до 80,0 м) обводнені четвертинні відклади (суглинки, піщанисті глини та алювіальні гальковики з різким переважаанням останніх в межах надзаплавної тераси р. Тиси, а також озерно-болотні глини, торф). Купол

«зрізується» прісноводним алювіальним водонесним горизонтом з високими фільтраційними властивостями. Соляне тіло перекрито глинистим кепроком товщиною 0–20 м. Кепрок сформований як залишкові відклади площинного вилуговування соляних порід. Ділянки різного речовинного складу кепроку є опосередкованим відображенням внутрішнього складу соляного масиву.

Первинний вік соляної товщі — середній баден (величківський під'ярус).

Внутрішня будова соляного тіла є шарувато-складчастою, субконцентричного типу, тому моделювання її становить досить складне завдання. Перша схема внутрішньої структури соляного тіла була представлена А.О. Івановим (1972), і вона певною мірою використовується нами як апріорний підхід.

Соляна товща представлена різною мірою забрудненою кам'яною сіллю. Остання в процесі галокінезу\* та інших чинників зазнала змін, що відповідають головним чином стадії раннього катагенезу. В результаті галокінезу і катагенезу відбулася зміна первинних і формування сучасних структурно-текстурних ознак породно-шарового рівня за рахунок цементації, децементації, перекристалізації, кристалобластезу, ущільнення, розчинення, перевідкладення мінеральних компонентів, а також процесів формування мікроскладчастості, будиначу та розвитку субгоризонтальної тріщинуватості. До текстур перекристалізації віднесено плямісті, масивні, що мають структури різнозернисті і гігантозернисті. Значну кількість об'єму соляного середовища утворює кам'яна сіль флюїдальної текстури і кристалопластичної структури (Я.Я. Яржемський 1966, 1974 та ін.; В.А. Вахрамєєва, 1986 та ін.; Д.П. Хруцов, 1971, 1980; С.Б. Шехунова, 2005 та ін.).

Встановлені структурно-літологічні типи мають різні функціональні властивості. Структурно-літологічні типи кам'яної солі відзначаються різним характером розподілу несоляного матеріалу і його вмістом з переважанням глинистих мінералів.

Соляне тіло складене крім галітової породи витриманими шарами глин (часто аргілітоподібних), аргілітів та пісковиків. Ці породи утворюють пласти потужністю від кількох сантиметрів до десятків метрів, що розташовані згідно із загальною шаруватістю. Процеси галокінезу різко вплинули на шари та прошарки несоляних порід, зважаючи на притаманну їм непластичність

у рухливому середовищі з високою пластичністю. Ці породи у процесі галокінезу піддавалися значним механічним деформаціям різних рівнів, як то розриви суцільності, подрібнення на окремі уламки і блоки, будиначування.

При галокінезі розривалися та брекчіювалися тільки шари несоляних порід із формуванням внутрішньоформаційних тектонічних брекчій. Кам'яна сіль обтікала розірвані уламки без порушення суцільності, заповнюючи проміжки між блоками (будинами) розірваних порід, причому галіт перекристалізовувався повністю часто з формуванням голчастої та волокнистої текстури (рис. 1.).

У разі завершеної перекристалізації такі ділянки можуть бути досить водотривкими, але механічна стійкість їх невитримана і залежить від характеру контакту соляної породи з шаром несоляних порід. Розташування брекчіюваних зон тягнє до контакту куполу із вміщуваними породами, а також до його апікальної частини, де розкриваються шарніри складок.

Глинистий матеріал має сіре й темно-сіре забарвлення, і його наявність на мікрорівні визначає колір кам'яної солі в масиві, який стає за цієї умови однією з візуальних ознак функціонального типу кам'яної солі, оскільки встановлено зв'язок кількості і характеру розподілу цього матеріалу з фізико-механічними властивостями соляної породи [1, 2, 3, 5, 8, 9].

Визначення структурного розчленування соляного масиву проведено за розробленою методикою, що базується на взаємозв'язку літологічних особливостей і фізико-механічних властивостей кам'яної солі [8]. Структуризація соляного тіла відбувалася за виділенням структурно-літологічних факторів і характеристик, які формують функціональні властивості, з використанням даних лабораторних визначень.

Наявність глинистих домішок по-різному впливає на функціональні властивості кам'яної солі (фільтраційні та міцнісні) залежно від структурно-текстурних особливостей соляної породи. В разі, коли глинисті домішки складають чіткі суцільні кайомки навколо зерен галіту, утворюючи петельчасту мікротекстуру породи, зв'язок між окремими зернами значно послаблюється, що виявляється у зниженні міцності та підвищенні водопроникності. Наявність незначної кількості глинистих мікродомішок, рівномірно розсіяних у породі, практично не впливає на характер зв'язку між зернами і, відповідно, на

\* Термін «галокінез» використовується для позначення будь-яких тектонічних деформацій соляних товщ (В.Є. Хаїн, 1985, А.О. Іванов, С.М. Коренєвський та ін.) на протилежність терміну «галотектокінез», як тавтологічному.

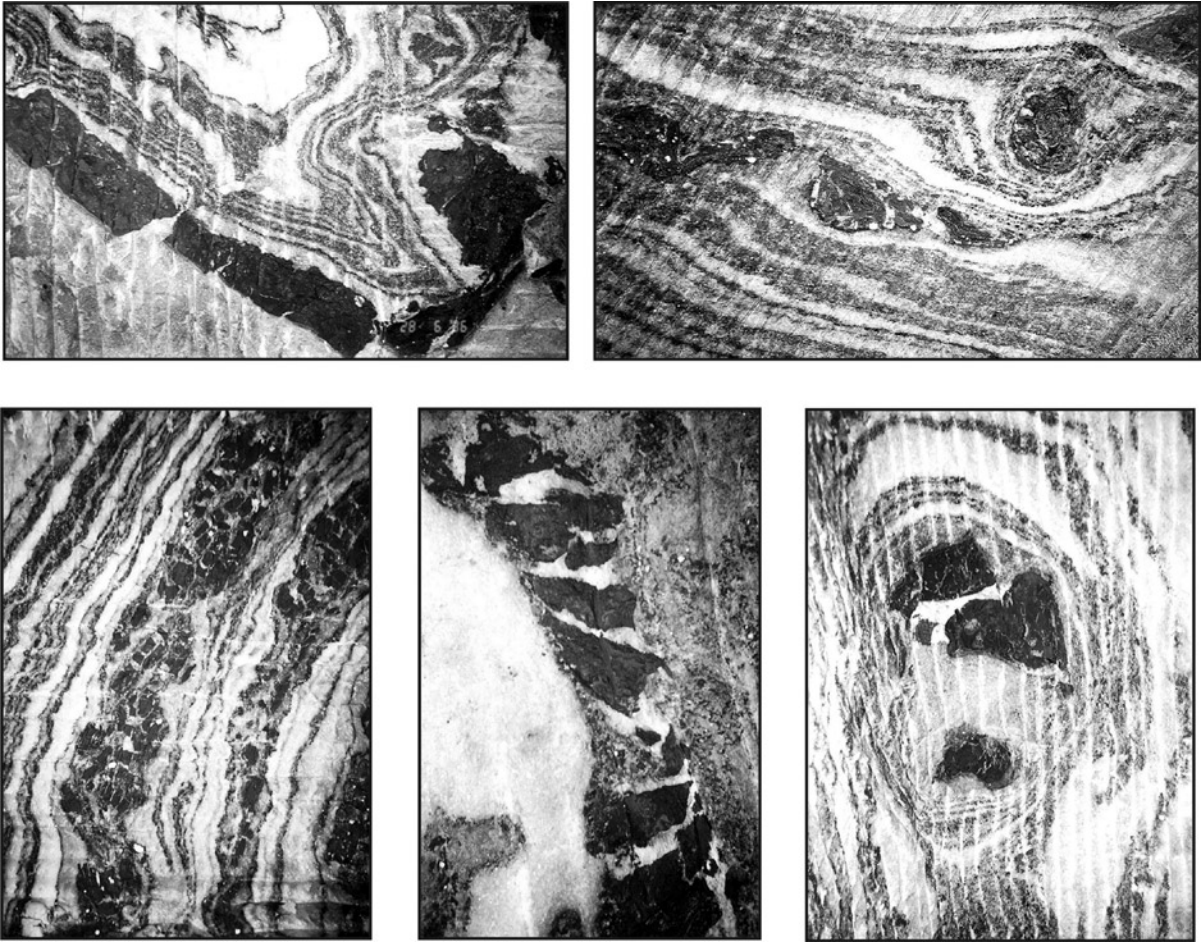


Рис. 1. Будинування глинистих прошарків, що знаходяться між соляними породами Солотвинського куполу (глибина від 100 до 300 м) (фото авторів)

міцнісні показники соляної породи визначеного типу.

При виділенні функціональних структурно-літологічних типів до уваги бралися такі показники: колір, ступінь зв'язаності зерен за візуальною оцінкою, структура, текстура, наявність і характер розподілу теригенного матеріалу, пористість, тріщинуватість (мікротріщинуватість), вихід керну при бурінні свердловин, механічна міцність.

За визначеними критеріями оцінки виділено 10 функціональних типів кам'яної солі Солотвинського соляного куполу (див. таблицю).

Виділені типи соляної породи розрізняються за вмістом несоляних домішок таким чином: соляна порода типу I належить до чистої кам'яної солі, типу II — до дуже слабо забрудненої кам'яної солі, типу III — до слабо забрудненої кам'яної солі, типу IV — до забрудненої різного ступеню (слабо- або сильно-) кам'яної солі; типу V та IX — до сильно забрудненої кам'яної солі або теригенно-соляної породи.

Соляна порода зони течії (VIII тип) представлена переважно чистою або слабо забрудне-

ною кам'яною сіллю, що пояснюється більшою пластичністю чистих різновидів солі. В процесі формування флюїдальних текстур відбувається процес відгонки мікродомішок до границь зерен, тому цьому типу текстури часто притаманні сітчасті мікротекстури.

Кам'яна сіль з ознаками незавершеної перекристалізації (X тип) може бути представленою будь-яким різновидом за вмістом несоляних компонентів, часто має сполучену (відкриту) заповнену рідиною пористість, яка визначає високу проникність кам'яної солі, що може зіставлятися за такою пісковиків, і дуже малу міцність за рахунок послабленого зв'язку між окремими зернами породи.

Окремо можна виділити підтип «А» певних типів кам'яної солі, підданої дії екзогенних процесів. Це вивітрена або піддана карсту кам'яна сіль, широко розвинута у верхній частині соляного ядра, у зонах поблизу з контактом із вміщувачими породами, що містять агресивні водоносні горизонти, та в зонах розвинутого техногенезу в самому соляному тілі. Залежно від первинного типу кам'яної солі можна виділити підтипи I «А»,

II «А» тощо. Кам'яна сіль підтипу «А» часто має сліди сучасного перевідкладення, відзначається наявністю розвиненої мікротріщинуватості та ознаками розчинення, кавернозну текстуру. Карстові форми можуть мати різний масштаб, бути відкритими або похованими, сучасними або давніми, антропогенними чи природними. Кам'яна сіль виділеного підтипу не відповідає за своїми функціональними характеристиками солі первинного типу, вона послаблена, практично завжди у різному ступені водопроникна, має нерівномірно порушений зв'язок між окремими зернами та їх агрегатами, а також показники міцності, зазвичай менші за притаманні основному функціональному типу на 10–30 %.

У зв'язку з масштабом моделювання, беручи до уваги наявність спільних характеристик для виділених 10 функціональних типів кам'яної солі, останні об'єднано в 4 узагальнені групи: 1) чиста або слабо забруднена щільна кам'яна сіль з високими механічними показниками (типи I–II); 2) слабо або сильно рівномірно забруднена щільна кам'яна сіль з меншими механічними показниками (типи III–IV); 3) нерівномірно забруднена кам'яна сіль виражено смугастої, плямистої або брекчієвидної текстури з широкими розбіжностями механічних

показників у різних напрямках (типи V–VII); 4) неміцна, крихка кам'яна сіль з дуже низькими показниками міцності та підвищеними фільтраційними властивостями (типи IX–X, підтип А). Зони течії (VIII тип), які різко відрізняються від інших структурно-літологічних груп за властивостями, виділені окремо.

За наданою структуризацією найбільш сприятливими групами для створення підземних порожнин є 1 та 2. Менш придатними є ділянки соляного середовища з переважанням групи 3 та зон течії. Ділянки, на яких мають місце потужні витримані прошарки групи 4, є несприятливими як за потенцією до розвитку карсту, так і за геомеханічними показниками, і повинні виключатись із зони будь-якого техногенного використання. Виділені функціональні групи кам'яної солі позначені на всіх опорних профілях, що стали основою моделі.

Аналогова модель Солотвинської солянокупольної структури представлена рядом планових і вертикальних відображень соляного тіла з виділенням функціональних структурно-літологічних типів, що утворюють певні структурні елементи внутрішньої будови. Фрагмент аналогової моделі за перетином I–I показано на рис. 2.

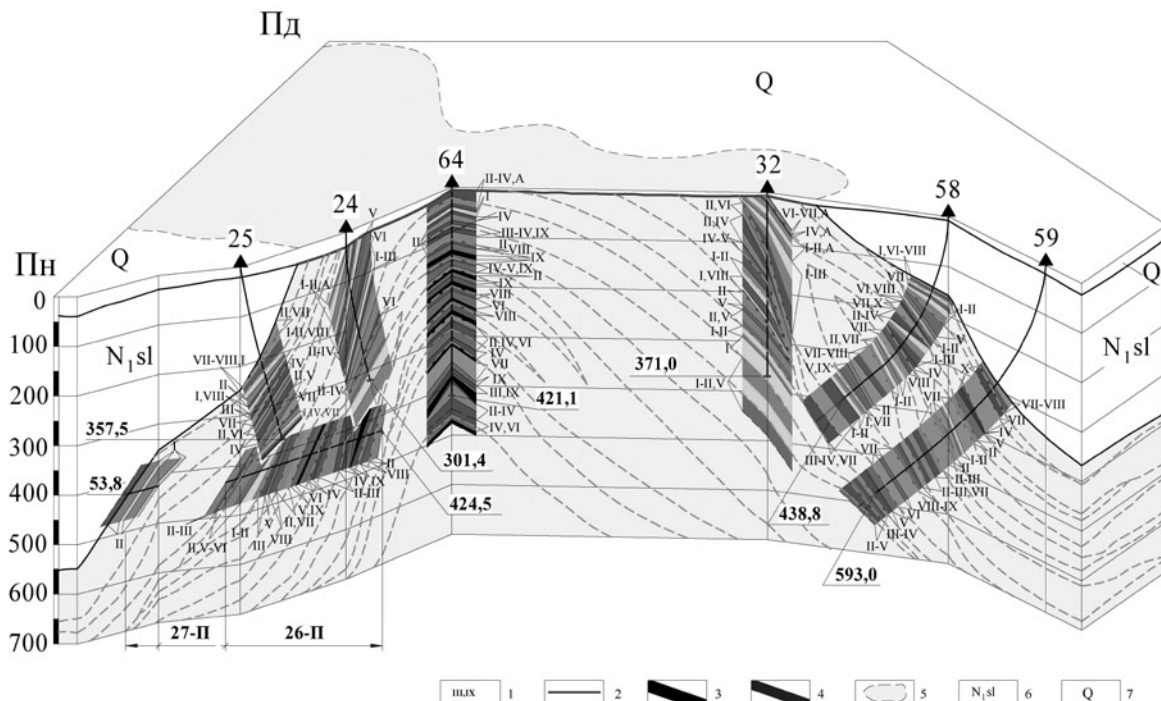


Рис. 2. Фрагмент аналогової структурно-літологічної моделі північно-західної частини Солотвинського соляного куполу.

1 — функціональні типи кам'яної солі; 2 — лінія ерозійного зрізу куполу (вихід на денну поверхню або під четвертинні відклади); 3 — соляні породи типу «А»; 4 — несольні породи (глини, пісковики); 5 — проекція виходу соляного куполу під четвертинні відклади і на земну поверхню; 6 — відклади солотвинської світи (аргіліти, пісковики); 7 — четвертинний алювій (гальковик, валуни, глини).

Таблиця. Функціональні типи кам'яної солі Солотвинського соляного куполу

Тип кам'яної солі	Візуальні ознаки	Структурно-текстурні ознаки		Характерні вclusions несоляних порід; НЗ, %	Зв'язаність зерен; вихід керну, %; $\sigma_{cr}$ , МПа
		Текстура	Структура		
I	Біла, прозора моноклітна щільна кам'яна сіль	масивна або слабо виражена шарувата	крупно- до гігантозернистої, рівномірнозерниста, орієнтована та неорієнтована, гранобластова	рівномірно розподілені домішки та вclusions (глини, ангідрит) НЗ < 0,45 те ж саме, а також плівки, жовна; НЗ — 0,45–2,5	дуже міцно цементована; 100 %; $\geq 35,0$ міцно цементована; 95–100 %; 30,0–35,0
II	Світло-сіра або мутна моноклітна щільна кам'яна сіль	масивна, неясношарувата, шарувата	середньо-, крупнозерниста; нерівномірнозерниста; орієнтована та неорієнтована, гранобластова; згусткова	рівномірно розподілені домішки та вclusions глини та ангідриту (мікро-, пластівці, жовна, лусочки, зернові плівки, уламки, скучення до 1,5 см); НЗ — 2,5–5,0	дуже добре цементована; 90–100%; 28,0–32,0
III	Щільна сіль сірих відтінків (до темно-сірого)	масивна, неясношарувата, шарувата, плямиста, смугаста	середньо- та крупнозерниста	значна кількість рівномірно розподіленого теригенного матеріалу (те саме, що тип III, але розмір гнізд та скучень — до 5 см, а також роздуви); НЗ — до 25	добре цементована; 85–95 %; 20,0–28,0
IV	«Землиста», сіра, темносіра, до чорної	масивна, неясношарувата, брекчієва, плямиста, смугаста	середньо- та крупнозерниста	значна кількість нерівномірно розподіленого теригенного матеріалу (жовна, гнізда, уламки, прошарки — до 14–20 см); НЗ — до 50	добре цементована; 80–100%; 20,0–38,0
V	Кам'яна сіль, забруднена неглинистими вclusions нями; нерівномірного забарвлення	неясношарувата, неясношарувата, брекчієва, плямиста, пльохчаста	різнозерниста, переважно середньо- та крупнозерниста	нерівномірно розподілені вclusions (жовна, гнізда до 14–20 см і більше, лінзочки і прошарки серед чистої кам'яної солі)	добре цементована; 80–95%; 18,0–27,0
VI	Кам'яна сіль щільна із хаотичним розподілом вclusions	неясношарувата, плямиста, пльохчаста, брекчієва	крупно- та вельми крупнозерниста, рівномірно- або нерівномірнозерниста	глинисті домішки (мікрровclusions, домішки, дрібні жовна, ін.), пошарово розподілені	добре цементована; 75–90%; значно розрізняється
VII	Смугаста кам'яна сіль	тонкосмугаста, шарувата, флюїдальна	середньо- і крупнозерниста нерівномірнозерниста (чергування прошарків різної структури)	переважно глинистий матеріал (дрібнодисперсні домішки, кайомки, скучення, жовна)	нерівномірно цементована, слабкий зв'язок між зернами галіту; 70–90%; 12,0–24,0
VIII	Типова соляна порода зони течії	флюїдальна, шарувата, пльохчаста, брекчієва	кристалопластична, орієнтована, вельми крупно- та гігантозерниста	хаотично розподілені несоляні вclusions (глинисті мінерали, ангідрит, теригенні складові); НЗ — до 50	нерівномірно цементована; 60–85%; 10,0–20,0
IX	Кам'яна сіль брекчіювана	брекчієва, неясношарувата, волокниста	нерівномірнозерниста, кристалопластична	міжернові вclusions, прошарки різної підпорядкованості (скучення та ін.) глинистого матеріалу, ангідриту, теригенної складові	слабоцементована, місцями крихка, з відкритою пористістю, 40–80%; < 12,0
X	Кам'яна сіль з ознаками незавершеної перекристалізації	кавернозна, смугаста	нерівномірнозерниста, порфировидна, в результаті збиральної перекристалізації		

\*  $\sigma_{cr}$  — межа «кубікової» міцності на одноосьове стиснення

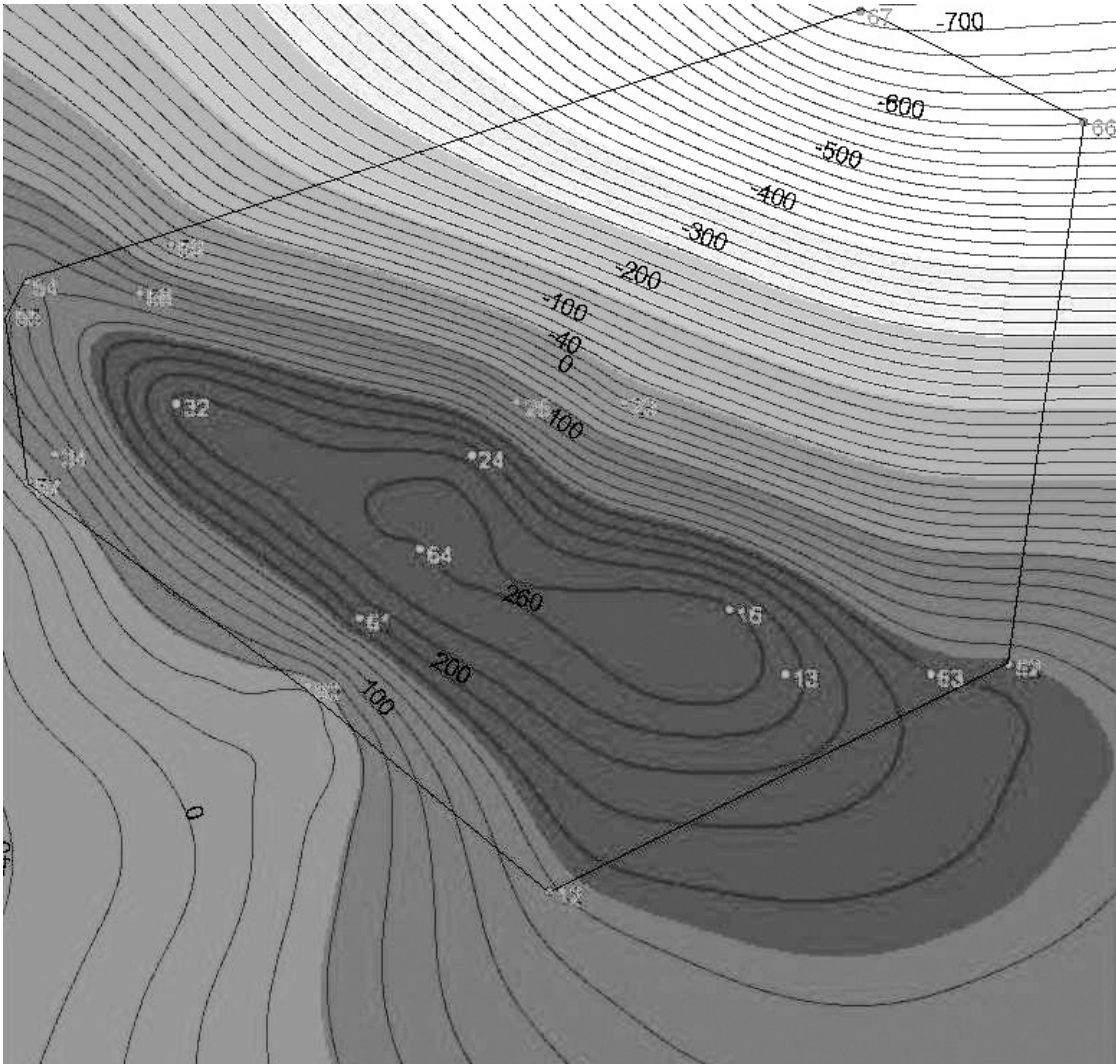


Рис. 3. Цифрова карта гіпсометрії поверхні соляного тіла Солотвинського куполу.

Прогнозуючи властивості виділених в результаті побудови моделі шари соляних порід на великі глибини, слід мати на увазі, що зміна термодинамічних умов та проявів галокінетичних процесів суттєво впливає на ці властивості кам'яної солі одного й того самого літологічного типу. Нами встановлено, що виділений за структурно-літологічними критеріями шар (пачка) соляної породи може мати різні функціональні показники на різних глибинах та у складі різних макроструктур. У межах одного шару процеси перекристалізації на значних глибинах інтенсифікуються, формуючи більше ущільнення, зменшення пористості та підвищення міцнісних властивостей. З іншого боку, треба брати до уваги, що на глибинах понад 900 м інтенсифікується розвиток зон течії з пониженими міцнісними характеристиками соляних порід.

Цифрова модель Солотвинської структури побудована при комп'ютеризації аналогової, за тією самою базою даних, і, відповідно, адек-

ватна існуючим фактичним даним й апріорним (експертним) поданням про будову об'єкту і його властивості. Вона являє собою віртуальне об'ємне зображення, що містить ряд введених властивостей і характеристик масиву, яке дозволяє за командою отримати ряд похідних візуалізацій відповідно до поставлених завдань. На основі моделі можлива побудова різноспрямованих карт і розрізів — візуалізація (рис. 3.). Числове представлення властивостей і будови об'єкту дозволяє вирішувати різноманітні геологічні завдання: визначення і розрахунок обсягів порід з певними властивостями для заданих просторових блоків (оцінка ресурсів і підрахунок запасів, вибір ділянок для будівництва тощо); визначення й відображення кореляційних зв'язків у багатовимірному просторі властивостей об'єкту; здійснення прогнозування одних властивостей по іншим на основі регресійних залежностей; виділення асоціацій порід по групах властивостей і багато інших.

ВИСНОВКИ

Створена цифрова структурно-літологічна модель Солотвинського діапіру є адекватним високоінформативним відображенням функціональних характеристик соляного масиву. Єдиний шлях побудови цифрової СЛМ в умовах розрізу, що складається з невитриманих по латералі літологічних шарів — статистичне моделювання на основі нестационарних Марківських матриць літологічних переходів.

Отримана версія дозволила вперше попередньо намітити дрібномасштабне об'ємне визначення карстового каналу, що розвивався по тілу порід певних структурно-літологічних типів, які характеризуються несприятливими фізико-механічними властивостями (у гірничому масиві шахти № 9).

Подальша деталізація моделі може здійснюватись шляхом збільшення масштабів і роздільної здатності процедури розчленування фактичних опорних розрізів (введення повної шкали з 10 визначених функціональних типів кам'яної солі), а також деталізації моделювання поверхні соляного тіла, що забезпечить підвищення ступеню адекватності і прогностичної функції моделі з метою експертно-управлінського забезпечення дослідних, вишукувальних і виробничих робіт.

1. Атеев А.Е., Костенко И.Ф., Привалова Л.А. Закономерности распространения структурных разновидностей каменной соли на Илецком месторождении поваренной соли // Тр. ВНИИСоля. — Вып. 19 (27). — 1971. — С. 55–59.
2. Лапочкин Б.К., Журавлева Т.Ю. Петрогенетическая природа прочности каменных солей. // Сб. науч. тр. Нац. горн. академии Украины. — Т. 1. — 2000. — С. 241–248.
3. Литологические критерии оценки участков и перспективы строительства подземных сооружений различного целевого назначения в соляных толщах. / Препринт 89–3 АН УССР, Ин-т геол. наук/ — К., 1989. — 46 с.
4. Серая А.Р., Левицкий П.Д., Щёголь А.С. Исследование прочностных свойств каменной соли Илецкого и Солотвинского месторождений // Техника и технология добычи и переработки поваренной соли. — Труды ВНИИСоля. Вып. 17 (25). — Артемовск, 1971. — С. 25–30.
5. Хрущов Д.П., Босевська Л.П., Кирпач Ю.В., Степанюк О.В. Методологічні та практичні аспекти визначення захищеності соляних товщ // Зб. наук. ст. V Міжнародної наук.-практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» Т.1. / УкрНДІЕП. — Х.: Райдер, 2009. — С. 99–104.
6. Хрущов Д.П., Босевська Л.П., Кирпач Ю.В. Техногенне втручання в середовище соляних масивів: екологічні аспекти. // Геол. журн. — 2010. — № 2. — С. 38–46.
7. Хрущов Д.П., Лобасов А.П. Принципы разработки цифровых структурно-литологических моделей осадочных формационных подразделений // Геол. журн. — 2006. — № 2–3. — С. 90–102.
8. Хрущов Д.П., Оксенкруг Е.С. О связи прочностных свойств и структурно-текстурных особенностей каменной соли // Геол. журн. — 1983. — Т. 43 — № 5. — С. 118–120.
9. Чабанович Л.Б., Хрущев Д.П. Научно-технические основы сооружения и эксплуатации подземных хранилищ в каменной соли. — Киев: Варта, 2008. — 304 с.

<sup>1</sup> — Український НДІ соляної промисловості, Артемівськ  
E-mail: bosslara@gmail.com

<sup>2</sup> — Інститут геологічних наук НАН України, Київ  
E-mail: Khrushchov@hotmail.com

<sup>3</sup> — ДП «Науканафтогаз» НАК «Нафтогаз України», Київ  
E-mail: lobasov\_al@rumbler.ru