

ДОСВІД ГІС-МОДЕЛЮВАННЯ І ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СВЕРДЛОВИН ТА ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ ГРЕМ'ЯЧИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ)

© С.В. Костріков, 2009

*Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна
Українське представництво Ambercore Software Inc., Харків, Україна*

Methods and conception of the geoinformation modeling and visualization for the borehole set and geological environment. Methods and conception of the geoinformation modeling and visualization of the borehole set and geological environment, which were used to find the Gremyachinsky potash salt deposit, have been presented. The generation of the random resource cube approach, with the help of which the geologic environment was modeled, has been explained in greater details. There are several samples of the data integration. These examples are relevant to the integrated stratigraphic model of the potash salt deposit. There are a few random cubes calculated through different values for the geologic environment. A few practical examples according to the research approach introduced have been given in the *Terra i Q EuroChem* software graphical user interface.

Вступ. Більшість сучасних досліджень геологічного середовища, які виконуються на основі ГІС-моделювання через відомі платформи та автономні модулі, спрямовані на підтримку розробки родовищ корисних копалин, у першу чергу вуглеводнів, і гідрогеологічне та геохімічне тестування товщі гірських порід. На нашу думку, головне місце у таких дослідженнях належить *інтеграції різноманітних релевантних даних* із подальшою візуалізацією проміжних або кінцевих результатів їх обробки. Дуже важливим при цьому є визначення *патернів* (певних класів) просторового поширення даних щодо геологічного середовища. Зрозуміло, що великі обсяги (а вони є такими за замовченням) геологічних даних без застосування засобів ГІС важко обробляти та майже неможливо ефективно аналізувати. Наприклад, визначення згаданих класів просторових даних на основі лише табличних даних, що зазвичай можна здійснювати в рамках традиційних досліджень, є дуже проблематичним. В указаних традиційних дослідженнях геологи часто вдаються до засобів ручного креслення паспортів свердловин і паперових геологічних карт із подальшим їх порівнянням для пошуку просторових кореляцій. Така методика може дати надійні результати, однак її реалізація потребує дуже багато часу. Використання апаратного та програмного забезпечення ГІС-засобів із розробленим інтерфейсом комп'ютерного моделювання для інтерактивної візуалізації просторових геологічних патернів, які порівнюються, зберігає час й значно підвищує ефективність відповідних досліджень.

У статті викладені концептуальний підхід та методика геоінформаційного моделювання і візуалізації геологічного середовища й системи геологорозвідувальних свердловин, якими у 1970–1980 рр. було оконтурене Грем'ячинське родовище

калійних солей у Котельніковському районі Волгоградської області Російської Федерації.

Мета статті – подання концепції інтеграції даних щодо геологічного середовища родовища калійних солей для подальшої візуалізації сукупності геологорозвідувальних свердловин й окремих компонентів певного геологічного середовища.

Інтеграція—візуалізація просторово поширених геологічних даних через концепцію імовірного ресурсного куба (ІРК). Зазначені дослідження виконуються за участю автора в Українському представництві компанії із розробки програмного забезпечення (ПЗ) ГІС *Ambercore Software Inc.* (Канада, Отава). У дослідженнях використано розроблений автором підхід до компонентного ГІС-моделювання, зокрема моделювання геолого-тектонічної основи водозбірних басейнів [1, 2].

Публікація [1] стосується розробки ПЗ для моделювання регіональної мережі лінеamentної тектоніки. Поняття “регіональна мережа розломів” об'єднувало сукупність розташованих з певним інтервалом на окремій території мереж розломів дрібнішого рангу і різного геометричного малюнка. Під час постановки задачі розробки алгоритмів і програм було припущено таке: 1) раніше розломи загалом невдало відображали як дискретні структури на основі двовимірних сейсмічних даних; фактично розломи розглядали як пропуски в даних сейсмозондування, що належать до певного стратиграфічного горизонту; 2) особливості двовимірного зображення елементів сейсмічної тектоніки не дають змоги уникати перетину розломів, і тому двовимірне їх картографування неможливе, оскільки воно веде до грубих помилок в інтерпретації даних; 3) через зазначені причини для побудови карт стратиграфічних горизонтів доцільно використовувати тривимірні дані сейсмічного зондування після їх відповідної об-

робки; 4) вихідним файлом початкового введення, в якому зберігається інформація відразу після введення або безпосередньо перед пересиланням на пристрій введення, має бути файл 3D (тривимірних) координат X, Y, Z у вигляді стандартного текстового формату; передбачалося, що в подальшому матимемо можливість конвертувати цей файл в інші формати (наприклад, формат бази даних певної ГІС-платформи, що й було реалізовано через кілька років).

У публікації [2] викладено планування кроків моделювання в предметній галузі гірничої справи. Зокрема, обґрунтовано послідовність таких дій: 1) додавання шаблону нового об'єкта моделювання; 2) змінення форми або типу об'єкта моделювання; 3) підрахунок обсягу об'єкта моделювання; 4) розташування об'єкта типу "Net" на поверхні "ґриду" (від англ. grid — решітка, сітка) — об'єктом "Net" подається певний елемент геолого-тектонічної основи території, шар "ґриду" репрезентує будь-яку з модельованих поверхонь; 5) попередній перегляд розташування змодельованого об'єкта типу "Net" на поверхні "ґриду". У відповідному ПЗ ми використовували так звану модель правильної стратиграфічної колонки, тобто передбачалося, що різні гірські породи ("матеріали" — у схемі моделювання) у досліджуваній частині геологічного середовища залягають горизонтальними шарами, обмеженими гладкими (без "уступів" — зсувів і скидів) криволінійними поверхнями, які апроксимуються із файлу певних ГІС-об'єктів — свердловин. Горизонтальний розмір шару має бути достатньо великим (у середньому перевищувати розмір досліджуваної частини геологічного середовища).

Викладені характеристики спеціалізованого ПЗ є певною альтернативою достатньо поширеним у геологічній зйомці та пошуку та в інженерно-геологічному виробництві так званим інформаційним системам у масштабі підприємства — ІСМП (enterprise system — англ.). Для багатьох українських геологічних підприємств не є доцільним придбання повномасштабної ІСМП, якщо вони мають використовувати лише її окремі модулі. У цьому відношенні згадана альтернатива полягає у розробці такого *спеціалізованого* програмного забезпечення, яке поєднує широку функціональність комерційної ГІС-платформи із модулями, цілком спрямованими на користувача геологічними даними. Геоінформаційне програмне забезпечення компанії "Ambercore Software Inc." забезпечує для будь-яких користувачів значно більшу гнучкість у обробці та в інших видах роботи із структурами їх власних даних.

Подібні до нашого підходи вже були реалізовані раніше деякими авторами. Наприклад, нам відомий приклад розробки ГІС, яка ґрунтується на Інтернет-технологіях й призначена для оброб-

ки і менеджменту даних, отриманих виключно із геологорозвідувальних свердловин [3]. У цьому випадку використовують стандартизований формат для збереження геологічних даних свердловин у базі даних ГІС. Така система дає змогу веб-клієнтам виконувати ефективний пошук свердловин і проводити багатовимірні статистичні операції над даними, які з них згенеровані. Вказана система забезпечує ефективний менеджмент даних із понад 10 000 свердловин, пробурених на території Кореї. Наведено приклад, який, імовірно, можна назвати одним із самих ранніх у цій предметній галузі. Йдеться про автоматизовану генерацію геологічних профілів, побудованих на основі стандартних креслень свердловин із подальшим їх інтерактивним переглядом у середовищі ГІС ArcInfo [4]. Хоча слід додати, що на той час ця ГІС-платформа майже не мала більш-менш ефективних засобів візуалізації. Відома також розробка автономного модуля для аналізу геологічних даних у середовищі ОС UNIX [5]. Це ПЗ "відкритого коду" (open source system — англ.) підтримує значну частину тієї функціональності, яку зазвичай підтримує традиційна ГІС-платформа, наприклад, підтримка даних багатьох типів (векторні, растрові тощо). Згадане ПЗ також призначено працювати із даними, які мають часовий вектор, наприклад, розвиток вулканічної діяльності та землетрусів.

Суттєве збільшення геологічних даних у цифровому форматі та необхідність створення детальних геологічних 3D моделей для певних регіонів висувають нові вимоги до менеджменту геологічних даних і надають нові можливості для їх аналізу. Ключовим моментом тут, на нашу думку, є адаптування тривимірних моделей геологічних даних до середовища 3D моделювання певної ГІС-платформи. Згідно з нашою концепцією ГІС-моделювання геологічного середовища, *інтегрована модель геологічних даних* використовує дані первинних спостережень та ГІС-моделі. Відповідна ГІС-модель є абстрактним цифровим поданням певної частини геологічного середовища у вигляді так званого імовірнісного ресурсного куба. ІРК може бути побудований через інтерпретацію та інтерполяцію даних первинних спостережень у певних точках геологічного середовища. Такий куб подає різні геологічні ситуації у тривимірному просторі. Геофізичну інформацію можна додатково застосовувати для певних обмежень й уточнень геологічної ситуації.

Ми вважаємо доцільним використовувати концепцію ІРК остільки, оскільки в процесі відповідних досліджень об'єктивно існує поняття геологічної невизначеності [6]. Остання, у свою чергу, через недолік інформації про геологічне середовище об'єктивно зумовлена необхідністю застосування інтерпретаційно-інтерполяційної тех-

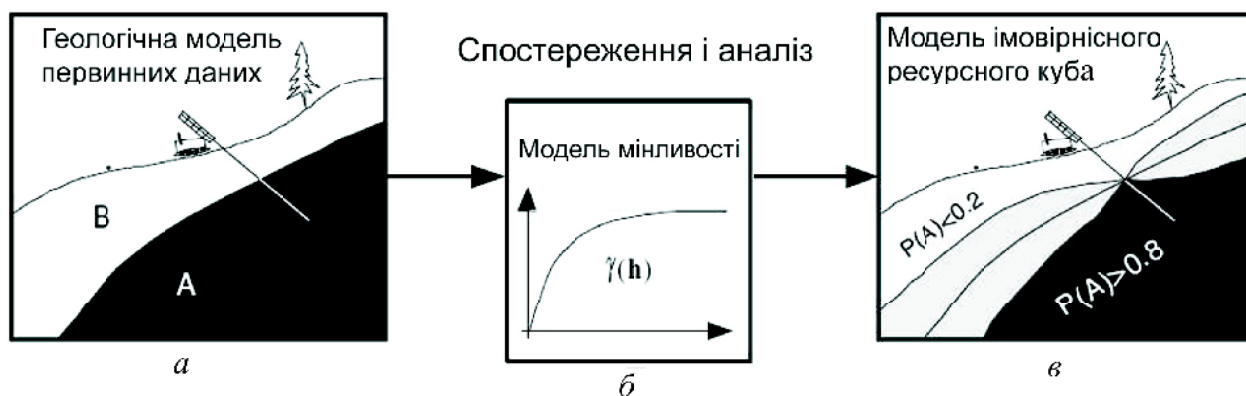


Рис. 1. Графічне подання методологічного підходу до інтеграції–візуалізації просторово поширених геологічних даних

ніки. Побудову ІРК за авторською оригінальною концепцією можна узагальнити у вигляді трьох етапів (рис. 1), використавши елементи стилізованого подання моделі геологічної невизначеності Л. Тачера з співавторами [6]. По-перше, будемо ортодоксальну геологічну модель на основі прямих даних аналізу та інтерпретації даних первинних спостережень – звичайну емпіричну модель горизонту *A* та горизонту *B* (рис. 1, *a*). По-друге, таку модель приймаємо за модель середовища, яке складається із сукупності *геологічних інтерфейсів* порід – поверхонь розподілу різних літологічних горизонтів. Кожен з таких інтерфейсів розглядатимемо як імовірнісне поле. Відповідно до наявної геологічної інформації й зрозумілих предметних обмежень будемо *модель мінливості*, яка, власне, й описує, як найкраща статистична гіпотеза відрізняється від реальності (опис геологічного середовища на основі виключно емпірики). Імовірнісні відхилення групуються навколо найкращої статистичної гіпотези, і модель просторової мінливості як напівваріограмна функція $\gamma(h)$ виявляє, як невизначеності щодо геологічного середовища зростають у міру того, як спостерігач віддаляється від точок забору емпіричних даних – свердловин (рис. 1, *б*). По-третє, вже безпосередньо для ІРК мінливість кожного із згаданих геологічних інтерфейсів конвертується в імовірність, яка описує тип гірських порід, що розміщуються безпосередньо над ІРК, і під ним *конвертується в імовірність, із якою певний тип гірських порід може залягати безпосередньо над ним і під ним*. Значення ймовірності корегуються через певні правила перетину, які регулюють стратиграфічну послідовність в ІРК. Кінцевим результатом є набір послідовних імовірнісних полів, кожне з яких відповідає імовірності існування певного типу гірської породи. Наприклад, імовірність існування в цій частині геологічного середовища літологічного горизонту *A* – понад 0,8 (рис. 1, *в*).

Основними вихідними даними для оцінки ймовірності певного шару гірських порід є точ-

кові значення в наявних свердловинах, одержані в результаті буріння. Згадана вище модель “правильної стратиграфічної колонки” припускає наявність переважно вертикальних свердловин, причому важливо, щоб кожен досліджуваний шар перетинала достатня кількість свердловин. Необхідно також, щоб наявні свердловини були розміщені по всій відновлюваній зоні. Інформація про матеріал, який ідентифікується уздовж свердловини, може бути не певним значенням імовірності, а дискретною величиною (1 – є матеріал певного шару, 0 – немає матеріалу певного шару). У будь-якому випадку поверхні є базовими елементами в ІРК і геологічними межами різних типів гірських порід. У цьому відношенні треба визначати певне змінне значення, яке відповідатиме координаті *Z* кожного із геологічних інтерфейсів у кожній їхній точці (*x*, *y*).

Проте слід мати на увазі, що для геологічного середовища, яке ускладнене ієрархічними стратиграфічними і тектонічними структурами, таке спрощене подання *Z* як функції від (*x*, *y*), на жаль, не працює. Для простого геологічного інтерфейсу третю координату *Z* подають як функцію від двох координат *u*, *v*, що враховують регіональну геологічну структуру (координата *u* паралельна осі розломів, а координата *v* перпендикулярна до неї). Тоді координата *Z* геологічного інтерфейсу є функцією координатного вектора $U(u, v)$, а згадане вище змінне значення за третьою координатою *n*-го геологічного інтерфейсу ресурсного куба можна записати як

$$IPK_n \sim Z \{U(u, v)\}. \quad (1)$$

Щоб правильно описати геологічну невизначеність у кожній точці ІРК, треба розглядати значення співвідношення (1) в імовірнісній площині, але й таким, що детерміноване місцевою тектонікою і, відповідно, залежне від тектонічних посувань та від *регіональної геологічної невизначеності*. Подібне твердження повністю відповідає розумінню двох складових геологічного моделювання – детерміністської та стохастичної.

Модель мінливості (рис. 1, б) — це єдина модель, яка оцінює можливі варіації навколо найкращої статистичної гіпотези. Ми визначаємо значення локального коливання — дисперсії координатного вектора $\delta^2(U)$ — у межах ІРК як просторово-залежну сутність. Типи гірських порід, що складають геологічний інтерфейс ІРК, є безперервними поверхнями із умовними межами кожної поверхні поділу двох літологічних шарів. Така межа об'єктивно є розмитою та невизначеною, оскільки різні породи, ділянки яких, однак, розміщуються одна біля іншої, зрозуміло, матимуть близькі властивості. Таким чином, можна встановити загальне правило для моделювання геологічного середовища через ІРК: чим менша відстань між ділянками різних типів порід геологічного інтерфейсу, тим більш подібними є властивості цих порід. Звідси випливає, що зі збільшенням відстані ділянок поверхні розподілу в рамках ІРК, яку визначають через бурові свердловини, точність геологічного прогнозу суттєво зменшується, й очевидно, що значення $\delta^2(U)$ імовірнісної функції $Z\{U(u, v)\}$ буде дуже невеликим на ділянках розташування свердловин, пропорційно збільшуючись з віддаленням від свердловини. Напівваріограмна функція $\gamma(h)$ подає просторову мінливість як функцію відстані між місцеположеннями. Можна вважати, що напівваріограма ілюструє просторову різність між двома класифікованими через свердловини місцеположеннями як певний шлях на геологічному інтерфейсі, який містить метричні й топологічні властивості інтерфейсу.

Із урахуванням виразу (1) імовірності ресурсного кубу описують вірогідність знаходження певних типів гірських порід в його певній точці. Ймовірності, які описують появу різноманітних типів гірських порід, можуть бути розраховані для будь-якого блока ресурсного куба як для 3D імовірнісного поля. Для кожного геологічного інтерфейсу визначають його ймовірні інтервали. Ширина ймовірного інтервалу є мірою геологічної невизначеності, і тому можна встановлювати довірчі місцеположення таких ділянок геологічного інтерфейсу, які є невизначеними.

Регіональний об'єкт дослідження та 3D модель його геологічного середовища. Українське підприємство “Ambercore Software Inc.” виконувало дослідження, інтеграцію та візуалізацію даних у спеціалізованому ПЗ по Грем'ячинському родовищу калійних солей відповідно до господарського договору із ТОВ “ЄвроХім-ВолгаКалій”. Зазначене родовище знаходиться на території Котельніковського району Волгоградської області (Росія). Площа ліцензійної ділянки становить 96,9 км²; його розмір за широтою 11,3, за довготою — 14,9 км [7]. Межі родовища на заході й півдні визначені за лінією виклинювання каліє-

носного покладу, на сході й півночі є умовними у зв'язку з відсутністю досить надійних геолого-геофізичних даних щодо поширення калійних солей у цих напрямках. За геофізичними даними кристалічний фундамент платформи на території родовища залягає на глибині 4–6 км. Осадочний чохол починається відкладами верхнього девону, вище яких залягає потужна товща карбону, представленого повним розрізом. У межах родовища свердловинами розкриті відклади верхнього карбону, пермі, тріасу, крейди й усіх систем кайнозою. Галогенна товща потужністю 175–368 м, що містить поклад калійних солей, належить до кунгурського ярусу нижньої пермі. Підсольовий комплекс порід складений теригенно-карбонатними відкладами верхнього карбону й карбонатно-сульфатними відкладами асельського, сакмарського й артинського ярусів нижньої пермі. Надсольовий комплекс поєднує теригенні відклади верхньої пермі (татарський ярус) і нижнього тріасу загальною потужністю 350–500 м, вище яких із стратиграфічною і кутовою незгідністю залягають практично не дислоковані відклади верхньої крейди й кайнозою потужністю 470–530 м.

3D модель інтегрованих в ІРК даних щодо геологічного середовища регіону із метою їх подальшої візуалізації була побудована в спеціалізованому ПЗ Terra iQ EuroChem. Як інформаційні джерела використовували дані 25 свердловин, 7 геологічних розрізів, дані щодо гідрогеологічних умов родовища, дані за комплексом геофізичних досліджень, зокрема стандартного електрокаротажу, радіоактивного каротажу та інклінометрії, 15 сейсморозвідувальних профілів. Шари інтегрованих даних подано у вікні Менеджера проекту (рис. 2).

Модель геологічного середовища на основі інтегрованих даних була побудована як реалізація найкращої статистичної гіпотези через ІРК. Побудові сукупності ІРК певного параметра геологічного середовища передувала інтегрована стратиграфічна модель (ICM), яка була реалізована виключно через інтерполяцію й екстраполяцію даних свердловин, а потім візуалізована в середовищі ПЗ Terra iQ EuroChem (рис. 3). Зазначена ICM реалізує одну з наших концептуальних моделей — “модель правильної стратиграфічної колонки”, або модель шаруватого залягання гірських порід, яка фактично є одним з варіантів реалізації ІРК.

У рамках цієї моделі передбачається таке.

1. Різні породи у частині геологічного середовища, яка моделюється, залягають горизонтальними шарами, обмеженими гладкими (без уступів) криволінійними поверхнями. Горизонтальний розмір шару — геологічного інтерфейсу (див. вище), записаний в банку даних, до якого звертається ПЗ, має бути досить ве-

ликим (у середньому перевищувати розмір досліджуваної частини геологічного середовища, що моделюється).

- Для визначеності параметрів алгоритмів шарів має бути не менше трьох, а відносний зсув шару по вертикалі (між верхньою межею верхнього шару (земна поверхня, див. папку *Поверхні* у вікні *Менеджера проекту*) і нижньою межею нижнього шару в частині геологічного середовища, яка моделюється, не перевищує середньої відносної товщини одного шару.
- Товщина кожного геологічного інтерфейсу значуща (істотно більше, ніж вертикальний розмір пікселя 3D моделі ІРК, яка моделюється).
- Стійкість шарів залежить від глибини їхнього залягання. Із збільшенням глибини відносний зсув шару за вертикаллю може збільшуватися.

Вихідними даними для оцінки ймовірностей є точкові значення уздовж свердловин, отриманих у результаті буріння. Модель припускає переважно вертикальний напрямок цих свердловин, причому важливо, щоб кожен стратиграфічний шар (геологічний інтерфейс) перетинала достатня кількість свердловин. Необхідно також, щоб свердловини були розташовані по всій частині геологічного середовища, яка моделюється. Як зазначено вище, інформація про шуканий матеріал уздовж свердловини може бути не імовірною, а дискретною (1 – є матеріал, 0 – немає матеріалу).

Заключним кроком інтеграції й візуалізації даних є побудова сукупності ІРК певного параметра геологічного середовища. Це виконується за допомогою відповідного “Помічника” у пакеті *Terra iQ EuroChem*. На ключових кроках роботи Візарду обирають геологічний інтерфейс свердловин (рис. 4), а потім – геологічний інтерфейс інтегрованої стратиграфічної моделі 2-го порядку (рис. 5), який, у свою чергу, складається із низки геологічних інтерфейсів 1-го порядку – стратиграфічних шарів (див. рис. 3).

Результатом роботи вказаного Візарду є сукупність ІРК із ймовірностями, розраховани-

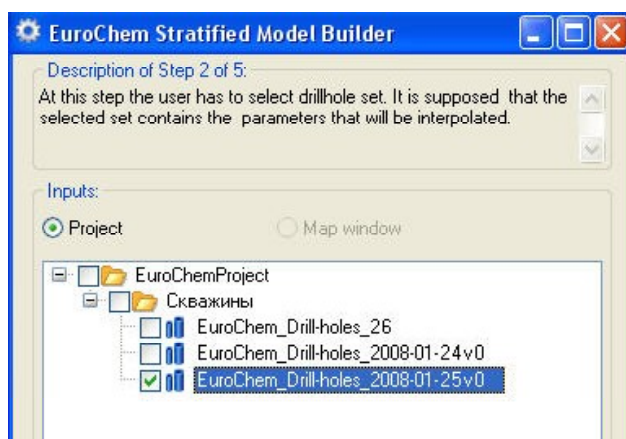


Рис. 4. Вибір у середовищі ПЗ геологічного інтерфейсу свердловин

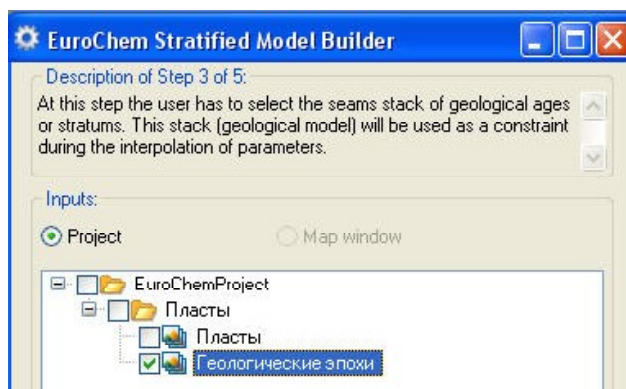


Рис. 5. Вибір у середовищі ПЗ геологічного інтерфейсу інтегрованої стратиграфічної моделі

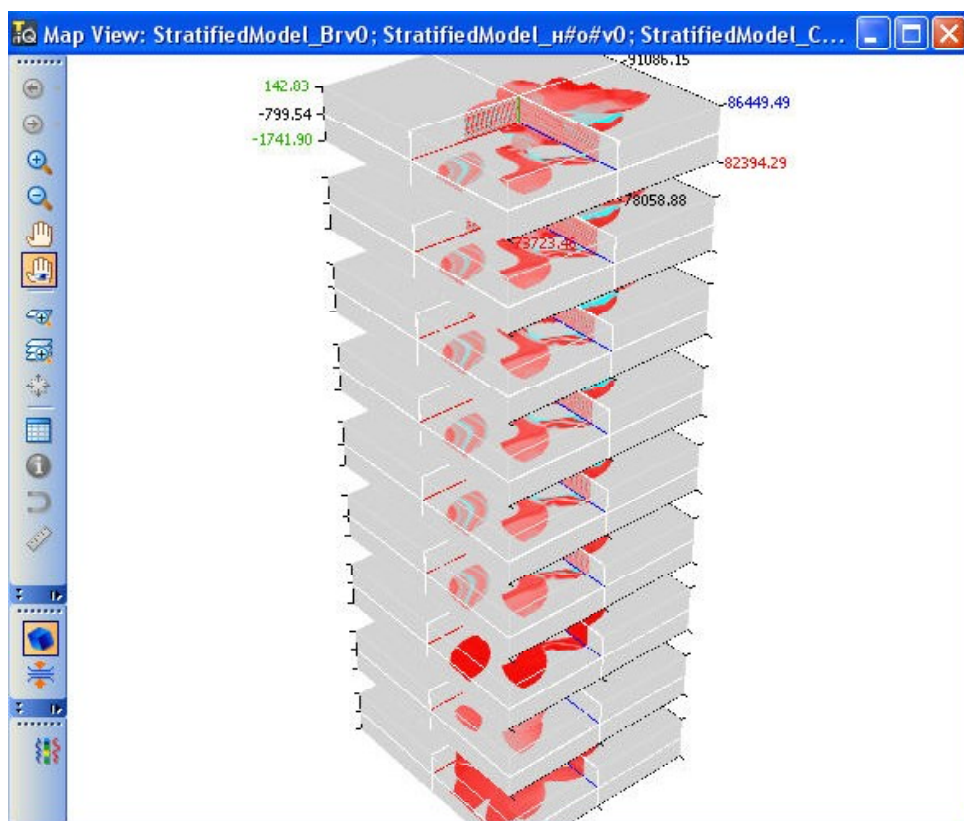


Рис. 6. Сукупність імовірнісних ресурсних кубів по трьох пачках калійного покладу Грем’ячинського родовища: верхньої силвінітової (промислової) – три верхні шари; середньої карналіт-галітової – три середні шари; нижньої силвін-галітової – три нижні шари

ми за виразом (1), для трьох пачок калійного покладу Грем'ячинського родовища калійних солей. Цей набір кубів візуалізовано як 3D модель (рис. 6).

Висновки. Змодельована сукупність ІРК може бути застосована для системи підтримки прийняття рішень щодо експлуатації Грем'ячинського родовища калійних солей. Насамперед за допомогою моделі ІРК можна суттєво уточнити просторове положення калійного покладу родовища й, відповідно, балансових запасів сильвініту. Для кожного геологічного інтерфейсу визначено підрахункові блоки — ділянки. Розрахункові блоки виділені за розташуванням свердловин і групуванням запасів за балансовою належністю. За допомогою ІРК була уточнена середня потужність шару — геологічного інтерфейсу — за кожним параметром геологічного середовища в межах розрахункових блоків (рис. 6). Об'ємну масу калійних солей уточнювали по блоках розрахунковим способом через вираз (1) за ймовірностями змісту певних компонентів, які обчислені через певні параметри в окремому блоці. Площі блоків визначені аналітично координатним способом через відповідні засоби ПЗ Terra iQ EuroChem. Виправлення на вологість і макротріщинуватість у підрахунок імовірностей запасів на основі ІРК не вводили через їхню незначність.

Можна дійти висновку, що методологія інтеграції та візуалізації даних щодо геологічного середовища на основі ГІС-засобів доводить свою спроможність вірогідно оцінювати властивості цього середовища та забезпечувати його повне 3D

подання для будь-якого місцеположення Грем'ячинського родовища калійних солей.

1. *Костриков С.В., Воробьев Б.Н.* Автоматизированный линементный анализ: Сб. науч. тр. Национальной горной академии Украины. // Под ред. А.В. Зборовского, Б.С. Бусыгина. — Днепропетровск: РИ Комплекс НГА, 2000. — Т. 1, № 9. — С. 113–117.
2. *Костриков С.В.* Компонентне геоінформаційне моделювання елементів геолого-тектонічної підвалини водозборів // Захист довкілля від антропогенного навантаження. — Харків; Кременчук, 2007. — Вип. 14(16). — С. 21–32.
3. *Chang Y., Park H.* Development of a web-based geographic information system for the management of borehole and geological data // Computers and Geosciences. — 2004. — 30, N 8. — P. 887–897.
4. *Camp C.V., Outlaw Jr.* Constructing subsurface profiles using GIS // Advances in Engineering Software. — 1993. — 18. — P. 211–218.
5. *Lees J.M.* Geotouch: software for three and four dimensional GIS in the earth sciences // Computers and Geosciences. — 2000. — 26, N 7. — P. 751–761.
6. *Tacher L., Parriaux A.* Calcul et representation de l'incertitude associee aux modeles geologiques // Colloque Modernisation du sous-sol, Ecole des Mines, Paris, Febr. 3–4, 1997, documents du BRGM. — 1997. — Vol. 274. — P. 108–111.
7. *Отчет о геологоразведочных работах, проведенных на Гремячинском месторождении калийных солей в 2006–2007 гг. (I этап). В 2 кн. и 3 папках.* — Минск; Москва: ООО “Белгорхимпром”, ООО “Еврохим-Волгакалий”, 2007.

Надійшла до редакції 28.01.2008 р.

С.В. Костриков

ДОСВІД ГІС-МОДЕЛЮВАННЯ І ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ СВЕРДЛОВИН ТА ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА (НА ПРИКЛАДІ ГРЕМ'ЯЧИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ)

Викладено методологію і методику геоінформаційного моделювання та візуалізації геологічного середовища й системи геологорозвідувальних свердловин, якими визначається Грем'ячинське родовище калійних солей. Описано методику побудови ймовірнісного ресурсного куба, за допомогою якого змодельовано й візуалізовано певну частину геологічного середовища цього родовища. Наведено приклади інтеграції даних стосовно геологічного середовища з їх подальшою візуалізацією. Ці приклади стосуються відтворення й візуалізації інтегрованої стратиграфічної моделі калійного родовища та кількох імовірнісних ресурсних кубів, побудованих за різними параметрами геологічного середовища.

С.В. Костриков

ОПЫТ ГИС-МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СКВАЖИН И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ГРЕМЯЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ)

Изложены методология и методика геоинформационного моделирования и визуализации геологической среды и системы геологоразведочных буровых скважин, которыми определено Гремячинское месторождение калийных солей. Представлена методика построения вероятностного ресурсного куба, с помощью которого моделируется и визуализируется определенная часть геологической среды этого месторождения. Приведены примеры интеграции данных о геологической среде с дальнейшей их визуализацией. Эти примеры касаются разработки и визуализации интегрированной стратиграфической модели калийного месторождения и нескольких вероятностных ресурсных кубиков, построенных по разным параметрам геологической среды.