

DOI: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-2\(92\)-225-233](https://doi.org/10.26642/ten-2023-2(92)-225-233)
УДК 622.7:622.361.2

**В.В. Котенко, к.т.н., доц.
М.С. Куницька, ст. викладач
І.А. Піскун, асистент
Р.М. Ігнатюк, аспірант
А.А. Сидоренко, аспірант**

Державний університет «Житомирська політехніка»

Автоматизація обробки результатів геологічної розвідки каолінових родовищ в середовищі GEOVIA Surpac

Однією з ключових умов наукової обґрунтованості планування та високопродуктивного ведення гірничих робіт є використання достовірної гірничо-геометричної інформації та сформованих на її основі прогнозів розподілу якісних показників на етапі формування гірничо-технологічних планів. Прогнозовані дані мають суттєвий вплив на економічний потенціал від освоєння родовища. Однак традиційно застосовувані методи математичного та геометричного моделювання якісних та структурних параметрів родовищ складної геологічної будови не завжди дають бажаний результат.

Задля вирішення даної проблеми запропоновано методика автоматизації обробки результатів геологічної розвідки каолінових родовищ із врахуванням закономірностей розподілу складових хімічних елементів. Вирішення проблематики автоматизації процесів аналізу, структурування, систематизації та візуалізації результатів геологічної розвідки розглянуто на прикладі ГІС-середовища GEOVIA Surpac. За основу для виконання досліджень було прийнято відомості стосовно хімічного складу каоліну отримані за результатами геологічного вивчення Йосипівського родовища вторинного каоліну. Послідовність дій, застосована з метою підвищення рівня автоматизації та підвищення якості результатів обробки геологічної розвідки може бути використана і для інших родовищ даного типу. Окрім цього в роботі досліджено ключові аспекти моделювання каолінових родовищ з урахуванням особливостей просторового розміщення якісних показників.

Ключові слова: каолін первинний; якісні показники; хімічний склад; блокова модель; інтерполяція; кригінг.

Постановка проблеми. Вирішення питань освоєння родовищ багато в чому залежить від повноти та якості матеріалів, отриманих у процесі розвідки родовищ. Ступінь повноти та якості обробки результатів геологічної розвідки є ключовим фактором, який визначатиме достовірність оцінювання форми та розмірів тіла покладу, встановлення його кількісних і якісних параметрів тощо. Як наслідок, використання достовірної гірничо-геометричної інформації та складених на її основі прогнозів розподілу кількісних та якісних показників при формуванні гірничо-технологічних планів буде ключовою умовою наукової обґрунтованості планування та високопродуктивного ведення гірничих робіт.

Результати прогнозування одержані внаслідок обробки даних геологічної розвідки значною мірою впливають на економічну ефективність розробки родовищ. Однак, традиційно застосовувані методи математичного та геометричного моделювання якісних та структурних параметрів родовищ, особливо актуальним це є в контексті родовищ зі складною геологічною будовою, не завжди дають результати, що задовольняють вимоги технологічних служб гірничого підприємства. Це пов'язано з тим, що результати геометризації, отримані різними методами аналізу та опрацювання вихідної геолого-маркшейдерської інформації, іноді мають суттєву різницю. Кінцевим результатом цього є недостовірність результатів прогнозування та їх відмінність від дійсної ситуації, оскільки прогнози, складені такими методами будуть лише наближеними. Тому, знаходження способів розв'язку питань, пов'язаних з геометризацією родовищ корисних копалин і розробкою теоретичних положень прогнозування якісних та кількісних показників для виконання планування гірничих робіт є актуальною науковою проблемою.

Особливо важким є вирішення даної проблеми при необхідності прогнозування якісних показників складноструктурних покладів утворених у результаті дезінтеграції та повторного відкладення корінних порід. Власне саме тому в статті описано порядок розробки методика автоматизації обробки результатів геологічної розвідки на прикладі родовища каоліну, адже з поміж іншого, Україна є одним зі світових лідерів за запасами каоліну. Державною комісією України по запасах корисних копалин нараховується близько 150 родовищ каоліну, в яких містяться запаси у розмірі 1200 млрд т каоліну різного типу – первинного, вторинного та лужного. Найвні запаси дозволяли впродовж багатьох років повністю

покривати внутрішні потреби та займати одне з провідних місць серед найбільших країн експортерів каоліну [1].

Тривалий час одним з головних імпортерів українського каоліну була росія, на неї припадала значна частка у розмірі 53 % від загального об'єму експорту (рис. 1), проте ескалація збройного конфлікту та оголошення росією війни Україні призвели до припинення торгово-економічних зв'язків між країнами. Як наслідок, наразі перед українськими виробниками каоліну стоїть складна задача пов'язана з необхідністю виходу на нові ринки збуту у ряді Європейських країн, або ж у країнах Середнього та Близького Сходу. В свою чергу, вихід на нові ринки потребує більш комплексного підходу до керування якістю каолінової продукції та раціонального використання ресурсів [2].

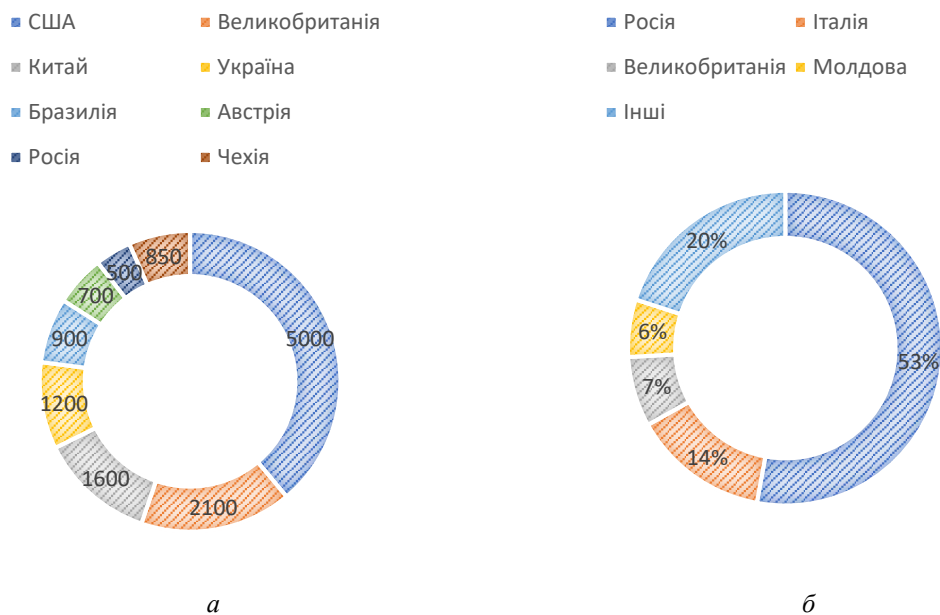


Рис. 1. Світові лідери за запасами каоліну станом на 2018 р, млрд т (а) та структура експорту каоліну Україною станом на 2016 р. (б)

Водночас, розвиток мінерально-сировинної бази має важливе значення у загальному комплексі питань індустріального розвитку України, адже нарощування виробничих об'ємів будівництва чи народного господарства (які необхідні для відновлення та сталого розвитку економіки) неможливе без інтенсифікації виробництва гірничодобувної промисловості. Наслідком цього є те ж такі загострення питань, які стосуються проблем розробки нових прогресивних методів вивчення будови родовищ з метою найбільш повного та економічно ефективного вилучення запасів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У ході огляду публікацій дотичних до тематики статті увага перш за все приділялася напрацюванням, у яких наведено відомості про первинну обробку даних. В цілому, у більшості робіт що стосуються питань автоматизації обробки результатів геологічних досліджень першочерговим завданням є саме збір, зведення, систематизація та аналіз вихідної бази даних з метою встановлення атрибутів (умовних обмежень), відносно яких планується виконання моделювання родовища. В цілому, порядок першопочаткових дій, які стосуються систематизації та узагальнення результатів розвідки є досить уніфікованим, і фактично не залежить від типу породи, що досліджується, тому використовується дослідниками як для моделювання покладів рудних тіл, так і для моделювання покладів родовищ будівельних матеріалів [3–5].

Натомість питання ідентифікація атрибутів на етапі початкового аналізу вихідних даних геологічної розвідки є більш складним завданням і вимагає адаптованого підходу. Широкого застосування при побудові гірничо-геометричних моделей та прогнозуванні різних показників складноструктурних родовищ знайшов метод групового обліку атрибутів (МГОА). Цей метод заснований на використанні принципів евристичної самоорганізації, що мають дві важливі особливості. Перша полягає у використанні для побудови моделі зовнішнього доповнення у вигляді сукупності контрольних точок, які задіяні у обчисленнях емпіричних коефіцієнтів рівнянь. Власне таке використання зовнішнього критерію називається прийомом регуляризації, що призводить до отримання найкращої залежності для опису геологічного об'єкта. Друга особливість цих методів полягає у використанні при побудові моделі принципу неостаточних рішень. Його сенс полягає в отриманні оптимальної моделі шляхом послідовного

наближення до її остаточного вигляду, а не одночасно одним прийомом, як це робиться в методах класичного регресійного аналізу [6].

Опрацювавши ряд публікацій вітчизняних та закордонних авторів було виокремлено такі етапи вибору вихідної інформації для ідентифікації атрибутів за допомогою МГОА:

1. Вибір факторів, що характеризуються найбільшим впливом на окремі показники родовища, яке моделюється. Геологічною основою багатовимірною моделювання є гіпотези про формування показників родовища та генетичні взаємозв'язки між геологічними показниками родовища та вміщуючої товщі порід. Формування цих показників обумовлено сукупним впливом низки факторів: палеотектонічних, фізико-географічних та геологічних. Питання, які з них є визначальними, вирішують залежно від об'єкта та цілей моделювання та геометризації.

2. Виділення однорідних геологічних районів. Точність математичної моделі багато в чому залежить від однорідності геологічної інформації у досліджуваному районі. При геометризації морфологічних особливостей родовища необхідно виділити ділянки з чіткими межами за морфологічними ознаками (тектонічні порушення, розшарування, тощо) і всередині них будувати моделі. При геометризації якісних показників ділянки виділяються по різко відмінним літологічним комплексам вміщуючих порід, неоднорідності якісних ознак покладу тощо.

3. Вибір точок досліджуваної та контролюючої сукупностей. Вирішення цієї проблеми складається з відповідей на запитання: за яким принципом вибирати точки для дослідження та контролю, та яке має бути кількісне відношення цих точок.

4. Вибір виду опорної функції. Неоднорідність гірничо-геологічних умов родовищ вимагає різного виду кількісного опису цих умов при математичному моделюванні показників. Вибір основних факторів, що впливають, однорідних геологічних районів, навчальної та контролюючої сукупностей, а також опорної функції здійснюється вручну за допомогою перебору можливих варіантів, що підходять для вказаних гірничо-геологічних умов родовищ.

Метою дослідження є розробка алгоритму автоматизації обробки результатів геологічної розвідки з метою спрощення та підвищення точності моделювання та геометризації каолінових родовищ базуючись на закономірностях розподілу їх складових хімічних сполук.

Викладення основного матеріалу. Виконання обробки результатів геологічних досліджень з метою моделювання та геометризації покладу є працемістким процесом, який потребує виконання значної кількості розрахунків і геометричних побудов. Це і стало ключовою причиною пошуку шляхів спрощення виконання даних операцій шляхом їх автоматизації за допомогою середовища «GEOVIA Surpac».

Всі роботи, пов'язані з обробкою геологічної інформації, у тому числі і виконання моделювання покладу чи його геометризації у середовищі «GEOVIA Surpac» потребує створення геологічної бази даних (ГБД) загального типу, яка міститиме основні показники стосовно досліджуваного родовища. До складу такої ГБД мають бути внесені такі відомості: координати розвідувальних свердловин; значення висотних відміток усть геологорозвідувальних свердловин; значення висотних позначок денної поверхні; результати опробувань; значення висотних координат покрівлі та підшови шарів для порід, якими сформовано поклад; результати лабораторних досліджень хімічного складу порід з обов'язковою їх прив'язкою до системи координат.

Результати розвідки для їх коректного опрацювання середовищем «GEOVIA Surpac» мають бути представлені у вигляді реляційної бази даних (база даних може бути створена безпосередньо в «GEOVIA Surpac», або в інших реляційних системах управління базами даних та бути імпортованою до «GEOVIA Surpac»). Застосування реляційних баз даних дозволяє за допомогою набору стандартних інструментів виконати організацію даних для виконання опису літологічних особливостей родовища та поєднання результатів розвідки та лабораторних досліджень по кожній зі свердловин.

ГБД необхідна для функціонування «GEOVIA Surpac» має складатися з кількох таблиць, які містять різні типи даних. Власне це що найменше дві обов'язкових таблиці: таблиця яка містить дані про значення просторових та висотних відміток усть свердловин (collar) та таблиця (survey), в якій наведено відомості стосовно інклінометрії пройдених розвідувальних свердловин (рис. 2). За допомогою цих таблиць відбувається побудова та взаємозв'язок базових даних, які визначають просторове позиціонування, форму та особливості розташування об'єктів з допоміжними даними, які визначають властивості, вміст компонентів чи інші якісні показники.

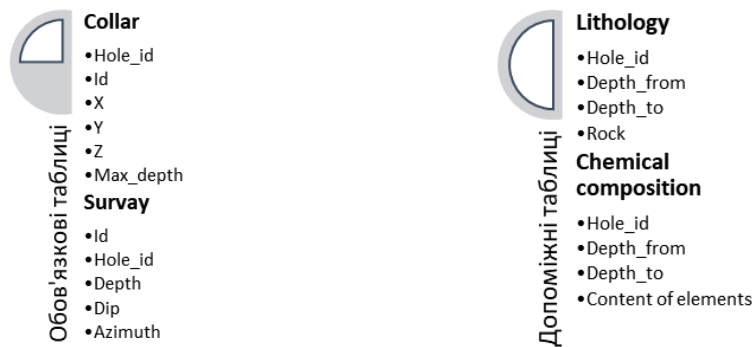


Рис. 2. Структура реляційної БД для GEOVIA Surpac

До переліку допоміжних таблиць, які містять інформацію про типи порід на різних ділянках та різній глибині залягання родовища, а також їх хімічний склад належить таблиця (lithology), в якій мають бути зібрані відомості стосовно літологічного складу родовища та таблиця (chemical composition) зі значеннями вмісту основних складових сполук [7–9].

Наприклад, при написанні даної роботи за основу було взято зведені результати геологічної розвідки та хімічного аналізу каоліну Йосипівського родовища (Звягельський р-н), які виконувалися впродовж різних етапів вивчення та освоєння родовища: починаючи з пошуково-розвідувальних робіт (1983 р.) закінчуючи експлуатаційною розвідкою (2011 р.). В цілому було зібрано та опрацьовано дані по 232 свердловинах, по яких було зроблено 1194 проби на визначення хімічного складу каоліну [10].

Наступним етапом на шляху до створення моделі покладу за допомогою «GEOVIA Surpac» є картування створеної ГБД. Результатом виконання цієї операції є об'ємне відображення сітки розвідувальних свердловин в межах покладу.

Успішне картування ГБД дає можливість створення блокової моделі родовища (БМР). БМР складається з умовних блоків (паралелепіпедів) встановленого розміру, центроїди яких містять відомості про вміст, щільність, назву гірських порід та ін. БМР представляється користувачу у вигляді тривимірної моделі частини родовища, чи всього родовища відразу. Такі об'ємні моделі зручно використовувати для відображення результатів геологорозвідувальних робіт, і виконання побудов ізольовані вмісту.

Оскільки відомості наведені в ГБД одержанні в результаті відбору та дослідження геологічних проб – це поодинокі значення, які є релевантними для конкретної точки в межах масиву, відповідно БМР побудована з використанням лише цих значень буде малоефективною. Для покращення повноти та точності моделювання родовища постає потреба застосування методу просторового аналізу – інтерполяції. Даний метод ґрунтується на знаходженні значення параметру в невідомій точці масиву на основі довільно розміщених відомих значень. Виконання інтерполяції в середовищі «GEOVIA Surpac» забезпечується різними способами: зворотніх відстаней; ординарного кригінгу; звичайного кригінгу; індикаторного кригінгу; методом сусіднього значення.

Ще одним аспектом, який необхідно враховувати при виконанні просторового аналізу покладу в середовищі «GEOVIA Surpac» це необхідність встановлення ділянки, в межах якої виконуватиметься прогнозування якісних показників. В якості таких меж можуть бути застосовані цифрові топографічні моделі (ЦТМ). ЦТМ застосовуються для виконання тривимірної візуалізації та калькуляції об'ємів в їх межах. Практично всі поверхні можуть бути зображені як ЦТМ, враховуючи топографію, зони літологічних контактів, поверхню землі тощо. ЦТМ являє собою систему об'єднаних трикутників, вершини яких прив'язані до точок існуючого стрингу (файл, що містить цифрову інформацію про позиціонування точки в просторі).

На даному етапі, єдиним важливим кроком перед переходом до виконання просторового аналізу покладу лишається власне ідентифікація ключових атрибутів, відносно яких виконуватиметься його моделювання. В якості головних атрибутів було прийнято значення хімічного складу корисної товщі. Такий вибір зумовлений наявними вимогами різних галузей промисловості, якими застосовується каолінова сировина [11]. Проаналізувавши результати геологічної розвідки, а саме хімічний склад каоліну, було виконано статистичну обробку даних для встановлення сталих тенденцій розподілу окремих компонентів. Встановивши, що вміст таких компонентів як оксид кальцію та оксид калію не виходить за рамки встановлених вимог, вміст оксиду заліза та двооксиду титану у ряді випадків перевищує встановлені нормативні значення, а вміст оксиду алюмінію подекуди є недостатнім, було ухвалено рішення, що саме ці показники враховуватимуться під час моделювання покладу [12–14].

Після виконання підготовчих етапів, потрібно відобразити об'ємну модель у вигляді блокової системи обмеженої встановленим контуром ЦТМ. Після відображення об'ємної моделі родовища у вигляді блокової системи потрібно перейти у розділ «Розрахунки», який знаходиться на вкладці «Блокова модель»

та обрати спосіб інтерполяції (в даному випадку це ординарний кригінг), після чого ввести необхідні значення як це показано на рисунках 3 та 4.

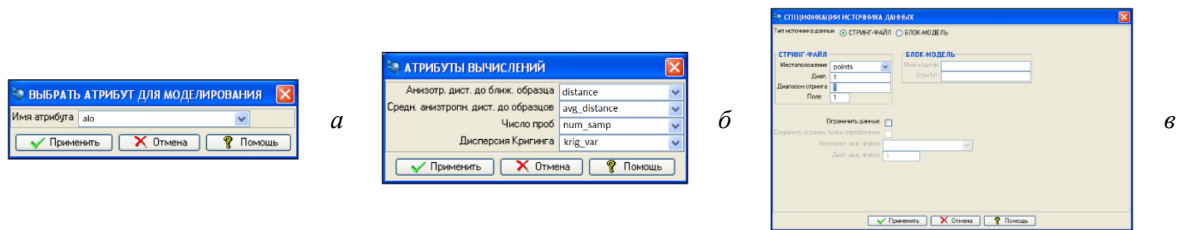


Рис. 3. Порядок виконання операцій інтерполяції: а – встановлення атрибуту; б – налаштування параметрів розрахунку атрибутів; в – налаштування джерела даних для інтеграції відомостей про розповсюдження необхідного атрибуту

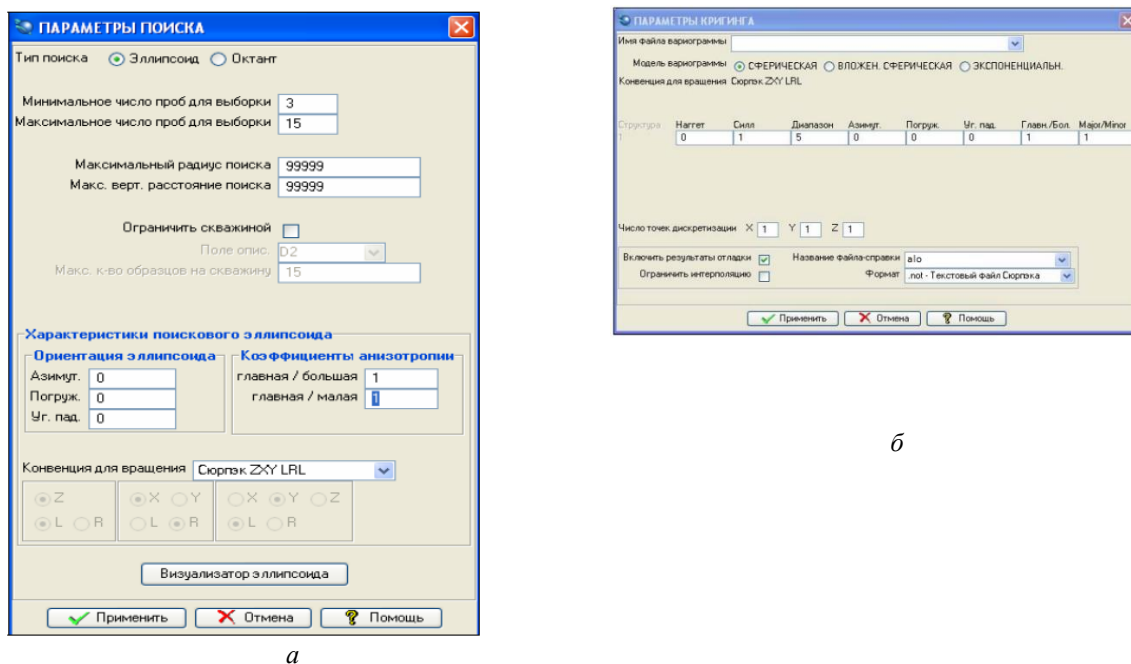


Рис. 4. Порядок виконання операцій інтерполяції: а – налаштування параметрів еліпсоїда пошуку; б – налаштування вихідних параметрів кригінгу

Водночас лишається встановити діапазон значень для обраного атрибуту задля його подальшого розподілу в межах блокової моделі. Це можна виконати за допомогою пункту керування блок-моделями та функції «забарвлення за атрибутами», вибрати необхідний атрибут, сканувати його значення та ввести в дію обрані налаштування (рис. 5).

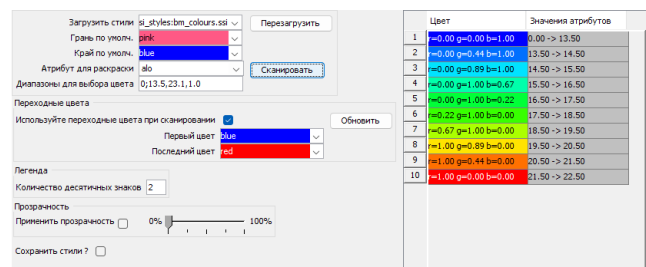


Рис. 5. Приклад налаштування градації кольору за вмістом оксиду алюмінію

Після налаштування параметрів градації лишається вивести кінцевий результат у вигляді об'ємної моделі. Важливим є те, що при використанні такого алгоритму моделювання покладу задача з визначення невідомих показників вмісту вирішується не в площині, а в просторі (рис. 6).

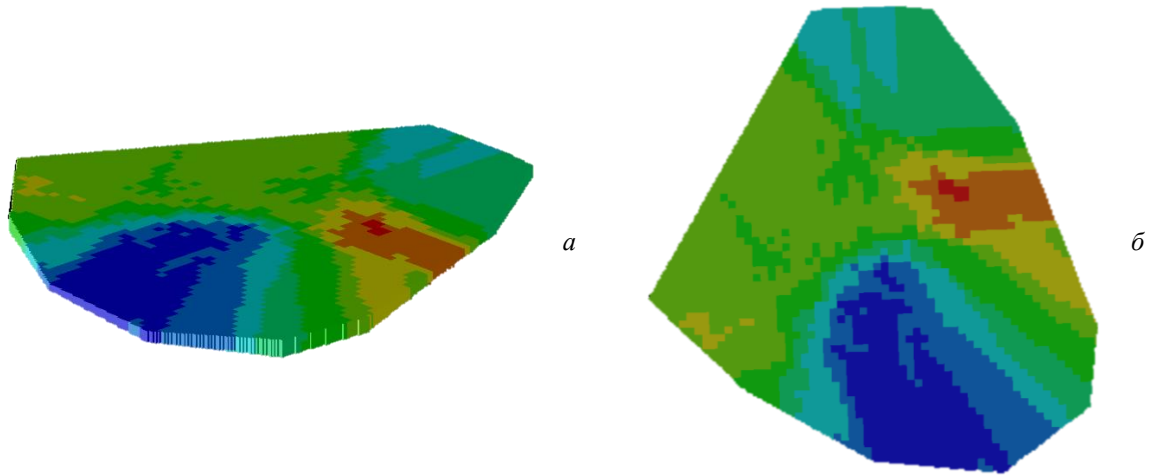


Рис. 6. Результат інтерполяції каолінового родовища методом ординарного кригінгу за показником кількості оксиду алюмінію: а – об'ємне відображення одержаних результатів; б – зображення результатів на плані

Аналогічні результати було отримано при виконанні інтерполяції методом ординарного кригінгу за вмістом оксиду феруму та двоокису заліза. Одержані моделі розподілу компонентів показано на рисунку 7.

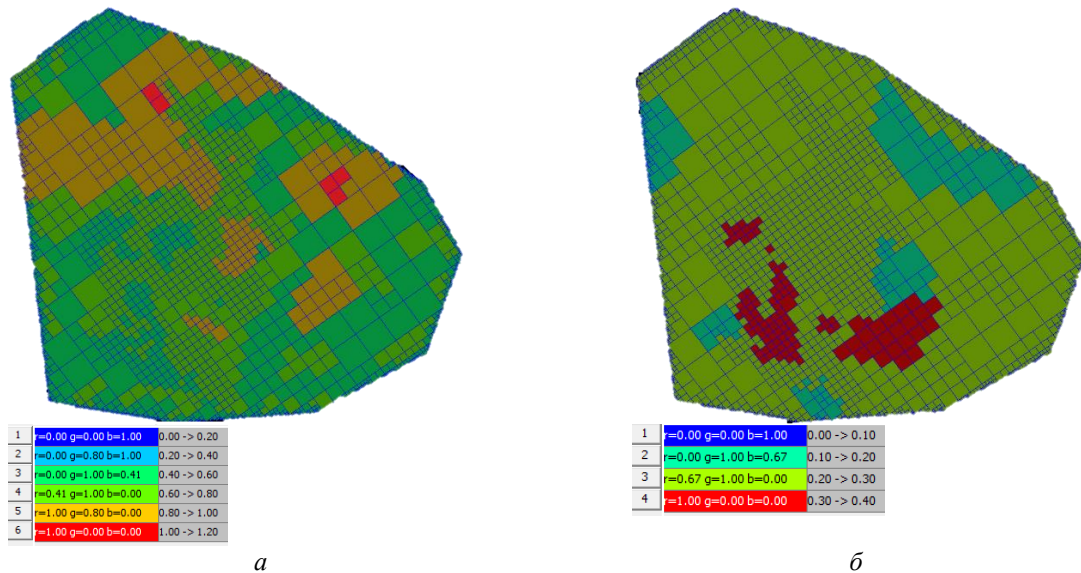


Рис. 7. Результат інтерполяції каолінового родовища методом ординарного кригінгу за значенням вмісту оксиду заліза (а) та двоокису титану (б)

За результатами роботи одержано встановлений порядок дій спрямованих на підвищення рівня автоматизації обробки результатів геологічної розвідки та їх використання задля моделювання і геометризації каолінових родовищ у середовищі «GEOVIA Surpac» у вигляді алгоритму дій показано на рисунку 8.

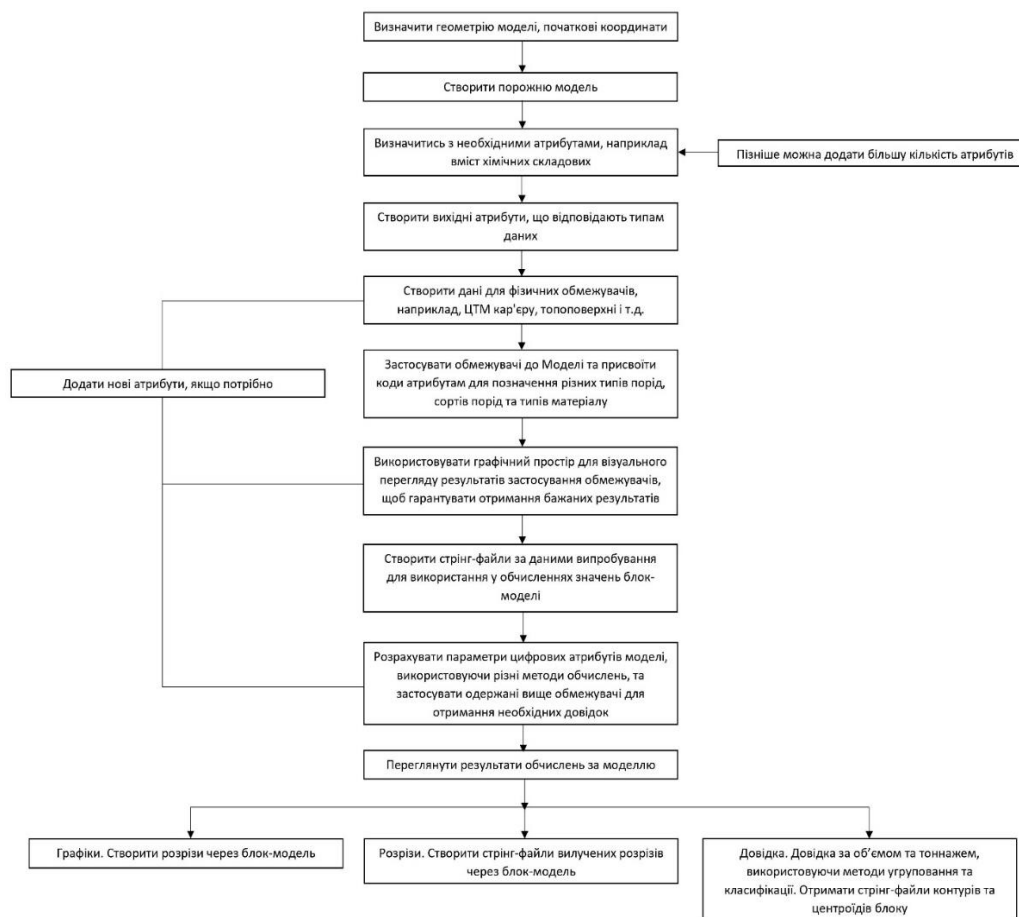


Рис. 8. Алгоритм автоматизації обробки результатів геологічної розвідки за допомогою середовища «GEOVIA Surpac»

Висновки та перспективи подальших досліджень. Результатом виконання даної роботи є отримання методу автоматизації просторового аналізу родовищ каоліну з урахуванням тенденцій розподілу складових хімічних компонентів задля отримання спеціалізованої графічної документації призначеної для спрощення планування та організації відпрацювання каолінових родовищ роздільним способом виймання. Одержані результати дозволять:

- значною мірою пришвидшити і автоматизувати операції, пов'язані з проєктуванням гірничих підприємств, що планують провадити видобуток каоліну;
- одержати спеціальну графічну документацію призначену для спрощення виконання операцій кластеризації родовища;
- пришвидшити терміни та підвищити точність виконання задач пов'язаних з плануванням та організації роздільної розробки каолінових родовищ;
- прогнозувати закономірності поширення хімічних сполук в межах родовища, які мають значний вплив на якісні показники гірничої маси;
- з більшою точністю виконати прогнозування очікуваного економічного ефекту від результатів провадження видобувної діяльності.

Список використаної літератури:

1. *Войновський А.С.* Стан та основні напрямки прогнозно-мінералогічних досліджень в Україні. Мінеральні ресурси України / *А.С. Войновський, Д.С. Гурський, В.І. Калінін.* – 1999. – № 3. – С. 2–4.
2. *Гурський Д.С.* Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин / *Д.С. Гурський* : дис. канд. геол. наук : 04.00.19. – Київ, 2008. – 253 с.
3. *Бурачек В.Г.* Геоінформаційний аналіз просторових даних / *В.Г. Бурачек, О.О. Железняк, В.І. Зацерковний.* – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. – 440 с.
4. *Костріков С.В.* Геоінформаційне моделювання природно-антропогенного довкілля : монографія / *С.В. Костріков.* – Харків : ХНУ, 2014. – 484 с.

5. *Соболевський Р.В.* Оцінка просторової мінливості якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів з врахуванням ступеня розвіданості покладу та окремих його частин / *Р.В. Соболевський, О.М. Вацук* // Проблеми гірничої технології : матеріали регіон. науково-практ. конф., м. Красноармійськ, 28 листопада 2014 р. – Красноармійськ, 2014. – С. 41–46.
6. *Date C.J.* An introduction to database systems / *C.J. Date* // 8th ed. San Diego. – San Diego State University, 2018. – 247 p.
7. *Gemcom* / Робочі вказівки «Блочне моделювання». – Gemcom Surpac 6.1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gemcom.com>.
8. *Michele R.* Research on Geological Survey Data Management and Automatic Mapping Technology. Scientific Programming / *R.Michele, H.Dong, Q.Jianping*. – 2017. – P. 132–151 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <https://doi.org/10.1155/2017/3618139> (date of access: 14.09.2023).
9. *Li G.* Computer mapping algorithm of joint iso-intensity diagram / *G.Li, F.Ma, Q.Deng, H.Zhao, D.Ding* // Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration. – 2008. – Vol. 30. – № 1. – pp. 81–84.
10. *Шепель І.В.* Звіт про пошуково-оцінюючі роботи на родовищах первинного каоліну «Шабер» і «Йосипівське» в якості сировини для порцеляно-фаянсової промисловості / *І.В. Шепель*. – Київ : ПДРГП "Північгеологія", 2007. – 184 с.
11. ТУ У В.2.7 – 14.2 – 05468498-006:2007.9 / Каолін первинний для виготовлення керамічних виробів та будівельної кераміки // Чинний від 2007-03-02. Вид. офіц. – Київ, 2007. – 23 с.
12. *Котенко В.В.* Застосування методу Пірсона для отримання залежностей розподілу хімічних елементів у межах родовища каоліну / *В.В. Котенко, С.І. Башицький, І.А. Піскун* // Технічна інженерія. – 2021. – № 88. – С. 129–134.
13. Обґрунтування доцільності застосування методу зворотніх зважених відстаней для кластеризації Йосипівського родовища каоліну / *В.Т. Підвисоцький та ін.* // Науковий вісник ДонНТУ. – 2022. – № 9. – С. 94–105.
14. *Kleijnen J.* Kriging: methods and applications / *J.Kleijnen* // SSRN Electronic Journal. – 2017. – № 047. – P. 47–54 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://doi.org/10.2139/ssrn.3075151>.

References:

1. Voinovskiy, A.S. et al. (1999), *Stan ta osnovni napriamky prohnzno-minerahenichnykh doslidzhen v Ukraini*, «Mineralni resursy Ukrainy», No. 3, pp. 2–4.
2. Hurskyi, D.S. (2008), *Kontseprualni zasady derzhavnoi mineralno-syrovynnoi polityky shchodo vykorystannia stratehichno vazhlyvykh dlia ekonomiky krainy korysnykh kopalyn*, 253 p.
3. Burachek, V.H. et al (2011), *Heoinformatsiyni analiz prostorovykh danykh*. Nizhyn, 440 p.
4. Kostrikov S. V. (2014), *Heoinformatsiine modeliuвання pryrodno-antropohennoho dovkillia*, 484 p.
5. Sobolevskiy, R.V. & Vashchuk, O.M. (2014), *Otsinka prostorovoi minlyvosti yakisnykh pokaznykiv Velyko-Hadomynetskoho rodovyshcha pervynnykh kaoliniv z vrakhuvanniam stupenia rozvidanosti pokladu ta okremykh yoho chastyn*, 41–46 p.
6. Date, C.J. (2018), *An introduction to database systems*, 247p.
7. Gemcom, Robochi vkazivky «Blochne modeliuвання», Gemcom Surpac 6.1. [Online], available at: <http://www.gemcom.com> (data zvernennia: 21.06.2023)
8. Michele R. et al. (2017), *Research on Geological Survey Data Management and Automatic Mapping Technology*, «Scientific Programming», pp. 132–151.
9. Li, G., et al (2008), *Computer mapping algorithm of joint iso-intensity diagram*, «Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration», Vol. 30, No. 1, pp. 81–84.
10. Shepel I.V. (2007), *Zvit pro poshukovo-otsiniuuchi roboty na rodovyshchakh pervynnoho kaolinu «Shaber» i «Iosypivske» v yakosti syrovyny dlia portseliano-faiansovoi promyslovosti*, 184 p.
11. ТУ У В.2.7 – 14.2 – 05468498-006:2007.9, Kaolin pervynnyi dlia vyhotovlennia keramichnykh vyrobiv ta budivelnoi keramiky, Chynnyi vid 2007-03-02, Kyiv, 2007, 23 p.
12. Kotenko, V.V et al. (2021), *Zastosuvannia metodu Pirsona dlia otrymannia zalezhnosti rozpodilu khimichnykh elementiv u mezkhakh rodovyshcha kaolinu*, «Tekhnichna inzheneriia», No. 88, pp. 129–134.
13. Pidvysotskyi, V.T. (2022), *Obgruntuvannia dotsilnosti zastosuvannia metodu zvorotnykh zvazhenykh vidstanei dlia klasteryzatsii Yosypivskoho rodovyshcha kaolinu*, «Naukovyi visnyk DonNTU», No. 9, pp. 94–105.
14. Kleijnen, J. (2017), *Kriging: methods and applications*, «SSRN Electronic Journal», No. 047, pp. 47–54.

Котенко Володимир Володимирович – кандидат технічних наук, доцент Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0001-8764-1692>.

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- геометризація родовищ корисних копалин.

Куницька Марина Сергіївна – старший викладач кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-2649-0939>.

Наукові інтереси:

- геодезія;
- маркшейдерська справа;
- фотограмметрія.

Піскун Ігор Анатолійович – асистент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-1658-5344>.

Наукові інтереси:

- процеси обробки природного каменю;
- дослідження якісних показників родовищ корисних копалин.

Ігнатюк Роман Мирославович – аспірант кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0001-7393-243X>.

Наукові інтереси:

- обробка природного каменю;
- раціональне природокористування.

Сидоренко Андрій Андрійович – аспірант кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка»

Наукові інтереси:

- моделювання якісних показників родовищ будівельних гірських порід;
- раціональне природокористування.

Kotenko V.V., Kunytska M.S., Piskun I.A., Ihnatiuk R.M., Sydorenko A.A.

Automation of processing geological exploration results for kaolin deposits in geovia surpac environment

One of the key prerequisites for the scientific validity of planning and the efficient execution of mining operations is the utilization of dependable mining-geometric data and the forecasts derived from it for the allocation of quality indicators during the creation of mining and technological plans. Predicted data have a substantial influence on the economic potential of deposit development. However, traditionally employed methods of mathematical and geometric modeling for the qualitative and structural parameters of complex geological deposits do not consistently yield the desired results.

To solve this problem, a methodology for automating the result processing of geological exploration of kaolin deposits, taking into account the regularities of the distribution of chemical elements, is proposed. The issue of automating the processes of analysis, structuring, systematization, and visualization of the results of geological exploration is considered using the GIS environment GEOVIA Surpac as an example. The research is based on the information regarding the chemical composition of kaolin obtained from the geological study of the secondary kaolin Yosypivske deposit. The sequence of actions applied to enhance the level of automation and improve the quality of geological exploration results can be used for other deposits of this type. In addition, the work explores key aspects of modeling kaolin deposits, considering the spatial distribution of quality indicators.

Keywords: primary kaolin; quality indicators; chemical composition; block model; interpolation, kriging.

Стаття надійшла до редакції 20.10.2023.