

ЦИФРОВІ СТРУКТУРНО-ЛІТОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ЗЛОБИЦЬКОГО І МОТРОНІВСЬКО-АННІВСЬКОГО РОЗСИПНИХ РОДОВИЩ ТИТАНО-ЦИРКОНІЄВИХ РУД

**Д. П. Хрущов, О. П. Лобасов, О. О. Ремезова, С. П. Василенко,
Т. В. Свівальнева, О. А. Кравченко**

Актуальность постановки проблемы связана с необходимостью внедрения инновационных методов информационного обеспечения исследований и работ всех направлений геологической деятельности. На основе авторских разработок в этой области созданы методология и методика цифрового структурно-литологического моделирования россыпей тяжелых минералов, модифицированные для титано-циркониевых месторождений, которые представляют собой эффективный способ информационного обеспечения всех этапов поисковых, геологоразведочных и эксплуатационных работ. Результаты, возможности и перспективы моделирования этого направления демонстрируются на примерах двух типовых месторождений титано-циркониевых руд – Злобичского и Мотроновско-Анновского (северо-западная часть и юго-восточный склон Украинского щита соответственно).

The actuality of the problem is connected with the need to implement the innovative methods of information supervision for all geological activity areas. As a result of author's developments in this research area the methodology for digital structural-lithological modelling of placers mineral, modified for the titanium-zirconium deposits, has been created. This methodology represents an efficient tool for information supervision of all the stages of deposits utilization (prospecting, exploration and exploitation). The obtained results, possibilities and prospects of this modelling issue are demonstrated on the example of two typical deposits of titanium-zirconium ores – Zlobychy and Motrona-Annyvske deposits (north-western and south-eastern slopes of the Ukrainian shield, respectively).

Вступ

Актуальність постановки проблеми цільового спеціалізованого моделювання перспективних геологічних об'єктів серед титано-цирконієвих розсіпів включає два аспекти: по-перше, нагальна потреба швидкого розширення сировинної бази титану і цирконію (у зв'язку зі стратегіями і тенденціями розвитку авіаційної промисловості, космічних технологій, ядерної енергетики, медицини, хімічної промисловості тощо); по-друге, необхідність впровадження сучасних методів і технологій інформаційного забезпечення всіх заходів геологічної діяльності загалом і

відповідно – заходів, що стосуються сировинної бази вказаних вище елементів стратегічної значущості. До цього треба додати, що розсіпні родовища титано-цирконієвих руд найбільш технологічні, а отже, найбільш інвестиційно привабливі.

Цільовим науково-технічним колективом Інституту геологічних наук НАН України (та інших науково-дослідних і проектних організацій) розроблено методіку цифрового структурно-літологічного моделювання осадових формації, що відзначається високою інформаційною і прогностною здатністю. Ця методіка адаптована для умов розсіпів важких мінералів, зокрема титано-цирконієвих руд.

Мета даної роботи – демонстрація результатів можливостей і перспектив цільо-

© Д. П. Хрущов, О. П. Лобасов, О. О. Ремезова,
С. П. Василенко, Т. В. Свівальнева,
О. А. Кравченко, 2013

вого цифрового структурно-літологічного моделювання для вирішення завдань, спрямованих на освоєння розсіпних родовищ титано-цирконієвих руд на прикладі двох типових родовищ – Злобицького і Мотронівсько-Аннівського.

Поставлена мета включає такі задачі:

– короткий виклад методології і методів розробки;

– демонстрація прикладів цифрового структурно-літологічного моделювання та завдань, що вирішуються за їх допомогою;

– визначення можливостей і перспектив моделювання.

Розглянута методика за своєю результативністю і рівнем детермінованості по суті є технологією, яка призначена для інформаційного забезпечення прогнозних, пошукових, геологорозвідувальних і експлуатаційних робіт титано-цирконієвої галузі гірничовидобувної промисловості.

Ретроспективний огляд, постановка проблеми, методологія і методи

Ретроспективний огляд. Структурно-літологічне моделювання осадових формацій як самостійний напрям геологічного моделювання розвивалося в ІГН НАН України з 80-х років минулого сторіччя [9]. В даний час розвиток цього напрямку виразився в розробці прогнозного цифрового структурно-літологічного моделювання, що впроваджувалося на прикладах геологічних об'єктів соленосних, червоноколірно-теригенних і розсіпних (золотоносних і титан-цирконієвих) формацій [10 та ін.]. У вітчизняній практиці приклади цифрового моделювання геологічних об'єктів наводяться в ряді публікацій, в основному в тематичних збірниках Української асоціації геоінформатики "Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики" (2004–2009 рр.), де значна частина робіт присвячена вирішенню завдань нафтової геології. Досить результативні розробки Криворізького територіального відділення Міжнародної академії комп'ютерних наук і систем щодо геоінформаційної системи "K-MINE", спрямовані переважно на забезпечення гірничовидобувної галузі [2]. За методологічною позицією близький до нашого підхід був використаний при створенні системи моделювання "Коммодор"

[1]. Серед зарубіжних публікацій прикладами ефективного моделювання осадових товщ, здійсненими на рівні комп'ютерних технологій останніх років, є роботи В. Kostic, P. Suss, T. Aigner [13], G. M. Grammer, P. M. Harris, G. P. Eberli, E. MacCormack, J. C. MacLachen, C. H. Eyles [14].

Елементи математичного моделювання розробляються австралійським підприємством "Leme Pirs" при вивченні комплексних розсіпів мінералів Південної та Східної Австралії (Ken McQueen, Adrian Farbis, Jonathan Clarke, Roslin Chan, Bauhong Hou). В Європі дослідження розсіпоутворюючих мінералів та їх перетворень проводить група Harald Dill, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany, але отримані результати не доведені до стадії прогнозного моделювання, придатного для використання в практичних цілях. Результати геолого-динамічного моделювання розсіпів (група А. В. Лаломова, Росія) висвітлені в матеріалах міжнародного проекту IGCP-514 "Fluvial paleo-systems: evolution and mineral deposits" (2004–2010).

Інформація, наведена у згаданих вище публікаціях, свідчить про інтенсивність і результативний розвиток даного напрямку геоінформатики та досить високий рівень напрацювань при вузькій їх цільовій спрямованості, фрагментарності і недостатній методологічній основі, що визначає значні переваги нашої розробки.

У 2012–2013 рр. виконується проект "Цифрове структурно-літологічне і геолого-динамічне моделювання розсіпних родовищ важких мінералів" у рамках Російсько-Українського фонду фундаментальних досліджень, за яким вже отримано нові результати про підвищення ефективності моделювання для робіт дрібної і середньої масштабності.

По розглянутих у цій статті геологічних об'єктах – Злобицькому і Мотронівсько-Аннівському родовищах – були спроби моделювання за відомими у світовій практиці комп'ютерними програмами, однак публікації отриманих результатів невідомі.

Методологія структурно-літологічного моделювання. Ґрунтується на розвитку трьох наукових дисциплін: формаційного аналізу [6–8 та ін.], структурно-літологічно-

го розчленування осадових геологічних тіл з використанням системного підходу [5 та ін.], а також математичного та комп'ютерного моделювання [3, 4 та ін.].

Цільова база даних, що являє собою основу для цифрового моделювання, базується на авторських прийомах розчленування опорних розрізів геологічного об'єкта.

Особливості складання бази даних для розсіпів полягають в наборі критеріїв розчленування розрізів об'єкта. Найбільш результативним критерієм є виділення літофацій і фацій. Виділення перших (літофацій) здійснюється за загальноприйнятими правилами. Визначення фацій, а тим більше мікрофацій і генетичних типів, відзначається неоднозначністю, і в цьому випадку доводиться зупинятися на рівні літофацій і літо-типів. Визначення двоконпонентних порід проводиться за звичайними номенклатурними правилами, для трикомпонентних порід точна ідентифікація встановлюється на основі трикутних діаграм. Як особний елемент розчленування позначається рудна мінералізація. Фіксуються якісна і кількісні характеристики. Встановлення цих характеристик визначається типом розсіпу.

Процедура побудови моделі передбачає виконання таких етапних завдань: розробки схеми ієрархічної структури об'єкта; встановлення літологічного наповнення структурних елементів; розробки двомірного макета моделі; розробки цифрової об'ємної моделі; верифікації. Після цього можливо її використання (одержання похідних матеріалів).

Отримана комп'ютерна модель являє собою віртуальне об'ємне багатостороннє відображення геологічного об'єкта, що містить його структурні та якісні характеристики. Принциповою її відмінністю від традиційних двовимірних графічних матеріалів є також властивість безперервності.

З трьох намічених рівнів масштабності моделювання – регіонального, зонального (дрібний, середній масштаби) та локального (великий масштаб, умовна межа – від 1:50 000 і крупніше) – моделі розсіпів належать до типу цільових і, таким чином, здебільшого відповідають першому з цих рівнів – локальному. Модель цільового типу, призначена для розв'язання конкретних задач прогнозування, пошуків, розвідки та експлуатації

розсіпів важких мінералів, відповідно будується на основі введення даних, що являє собою предмет моделювання.

Програмне забезпечення і формати даних. Числові моделі структурних і літологічних параметрів зберігаються у вигляді бінарних файлів у структурі картографічної бази програмного комплексу "Geomapping". В цій системі передбачається візуалізація побудов і експорт результату до формату точкової системи ГІС ArcView, грида ГІС ArcView чи широко розповсюдженого комплексу Surfer. Вхідна інформація системи "Geomapping" подається у форматі shp ГІС ArcView.

Цифрові прогностичні структурно-літологічні моделі титано-цирконієвих родовищ

Демонструються два зразки цифрових структурно-літологічних моделей (ЦСЛМ) розсіпних титано-цирконієвих родовищ, що є прикладами двох найбільш характерних геолого-промислових генетичних типів, – алювіального (Злобичьке родовище) і прибережно-морського (Мотронівсько-Аннівське родовище). Кожен з цих прикладів являє собою найбільш складний за геологічною будовою, особливостями розподілу рудного матеріалу і генетичної діагностики випадок, що дає підстави розглядати їх як еталон для моделювання родовищ близьких до них генетичних типів.

Злобичьке родовище

Загальна геологічна характеристика. Родовище знаходиться в північно-західній частині Українського щита (УЩ), в адміністративному відношенні відноситься до Чоповицького району Житомирської області. Родовище розглядається як першочерговий об'єкт для забезпечення сировинної бази Іршанського гірничо-збагачувального комбінату.

За формаційними ознаками родовище включає дві товщі: алювіальну, переважно псамітового складу (полтавська серія) і кору вивітрювання порід кристалічного фундаменту (каолінового профілю). Зруденіння має наскрізний характер. Менші за масштабом концентрації ільменіту відмічені в чет-

вертинних відкладах, що перекривають розсип. У нижній частині розрізу осадової товщі (відкладах бучацької світи – 1% обсягу товщі) концентрації ільменіту також місцями підвищуються і досягають 170 кг/м³. Середній вміст ільменіту в контурі балансових запасів алювіальної частини розсипу становить 56,2 кг/м³, в корі вивітрювання – 66,6 кг/м³.

Площа родовища вивчена різномасштабними геологічними роботами, включаючи детальні масштабу 1:5000. Фактографічна основа досліджень представлена понад 1200 свердловинами, які пробурені через 50–100–200 м.

Структурно-літологічна модель. У ході відпрацювання методики розроблений демонстраційний зразок ЦСЛМ. Модифікаційні особливості процедури моделювання полягають у такому. База даних, яка використовувалася для моделювання, містить максимальний комплекс вихідного фактичного матеріалу: первинне розчленування опорних розрізів (з урахуванням площадних і свердловинних геофізичних досліджень), результати детального літологічного дослідження керна шляхом петрографічних, мінералогічних, металогенічних аналізів з генетичною інтерпретацією. Ці ж дані використані для побудови двовимірних моделей об'єкта як попереднього етапу при моделюванні. Згідно із структурно-формаційним підрозділом об'єкта, виділено дві підмоделі: відклади полтавської серії і кора вивітрювання.

Для моделювання відкладів полтавської серії при їх розчленуванні для виділення структурних елементів приймалися дві групи ознак: чисто літологічна – літофації і генетична – мікрофації. У товщі алювіальної фації виділено 19 літофацій, що в різних співвідношеннях становлять 10 мікрофацій.

В результаті створення ЦСЛМ отримана серія похідних карт, профілів і розрахункових параметрів, що дозволяє дати комплексну об'ємну характеристику промислових параметрів зруденіння, структури, речовинного складу та умов утворення родовища.

У ряді наших попередніх робіт наводяться приклади найбільш інформативних похідних ЦСЛМ (структурні карти, карти літофацій і мікрофацій, розподілу вмісту ільменіту та ін.) [11]. Нижче демонструється один з фрагментів ЦСЛМ, що відображає

зональність кори вивітрювання і вміст ільменіту в довільно наміченому блоці гірського масиву родовища (рис. 1).

Зроблено автоматичний підрахунок запасів ільменіту за бортовим вмістом ільменіту: 10–25 кг/м³ – 214 тис. т і менше 10 кг/м³ – 32 тис. т. Показано площадний розподіл вмісту ільменіту в товщі кори вивітрювання (рис. 2).

Розроблення моделі забезпечило вирішення таких завдань:

- встановлення просторового розміщення рудних тіл, простеження їхнього зв'язку з морфологією покладу, літофаціями і фаціями, генотипами тощо;
- виділення ділянок селективної відробки;
- автоматичний підрахунок запасів за встановленим бортовим вмістом рудного компоненту;
- відпрацювання комплексної методики прогнозування родовищ.

Мотронівсько-Аннівське родовище

Загальна геологічна характеристика. У адміністративному відношенні Мотронівсько-Аннівське родовище знаходиться у Верхньодніпровському районі Дніпропетровської області. Ділянка, що розглядається, розташована в межах Середньо-придніпровського блока УЩ (рис. 3). Вважається, що геологічна будова ділянки близька до такої Малишевського родовища, і, за домінуючою точкою зору, є північно-західним продовженням останнього. Найбільш давніми утвореннями усього геологічного розрізу слугують породи архею (плагіограніти, мігматити), що залягають на глибині 50–120 м. Верхня частина порід кристалічного фундаменту вивітрена і покрита корою вивітрювання. Розріз осадового чохла в межах площі Малишевського родовища в цілому представлений відкладами палеогену (бучацька, київська, харківська світи) і неогену (новопетрівська світа як верхня, міоценова, частина полтавської серії, боярська світа та її вікові аналоги – верхи середнього міоцену–пліоцен), а також четвертинної системи (за В. Ю. Зосимовичем, Модифіковані стратиграфічні схеми України, 2013 р. та ін.)

На площі Мотронівсько-Аннівського родовища розріз осадового чохла починається

Зріз по абсолютній відмітці 150 м

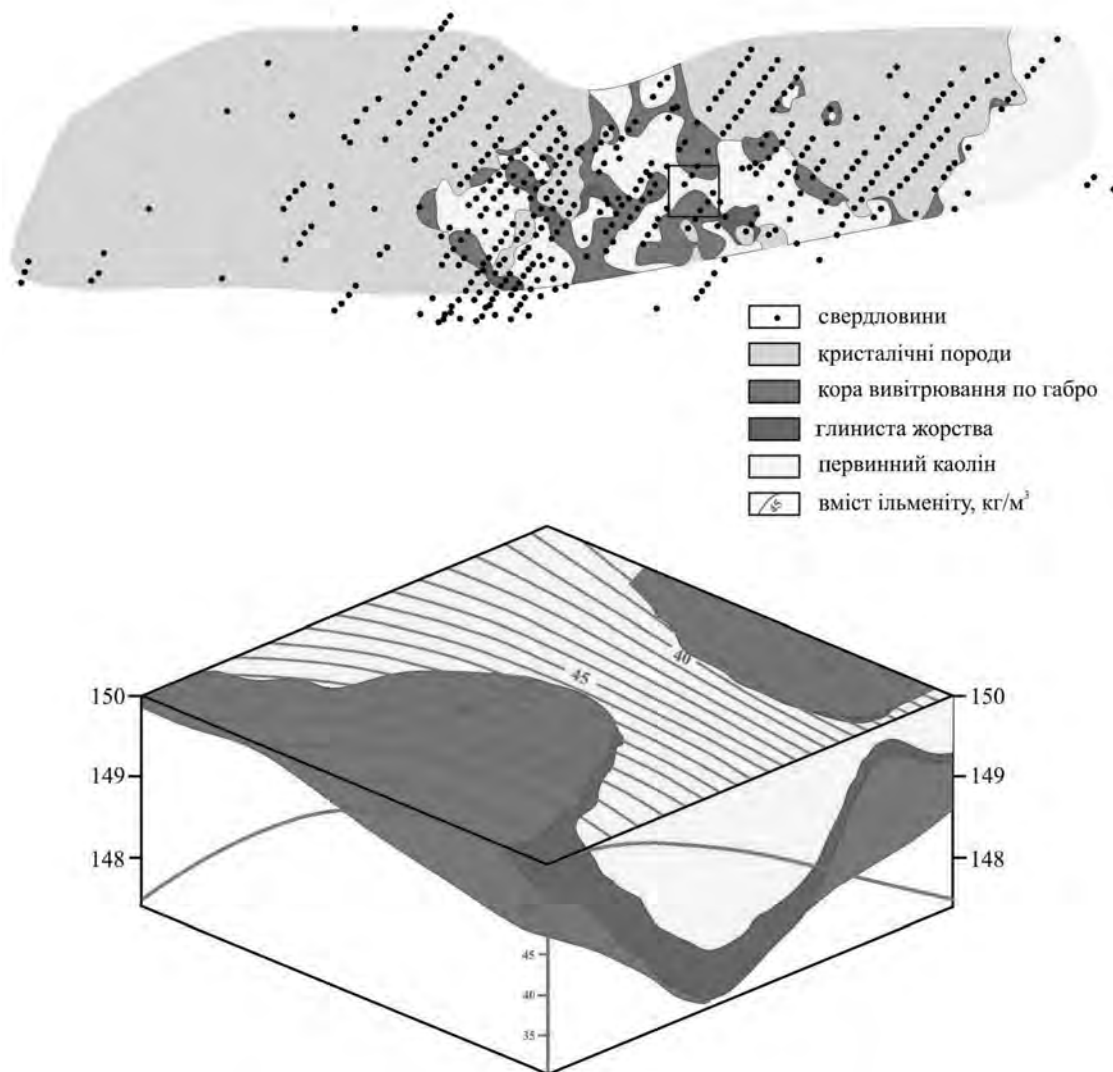


Рис. 1. Фрагмент структурно-літологічної моделі Злобицького родовища ільменіту (кора вивітрювання)

ся відкладами бучацького ярусу (глинисті піски з прошарками глин, каолінів та бурого вугілля товщиною від 0 до 28 м). Вище залягає піщано-глиниста товща київського ярусу товщиною 0–15 м, перекрита глауконітовими пісками харківської світи товщиною 15–18 м. Відклади харківського ярусу мають майже суцільне поширення. На плоскій, горизонтальній поверхні харківського ярусу (у західній частині родовища – безпосередньо на корі вивітрювання кристалічного фундаменту) з поступовим переходом залягає

піщана товща, яку більшість геологів відносять до полтавської серії. Мабуть, ця частина розрізу повинна відповідати більшій частини новопетрівської світи (за В. Ю. Зосимовичем). У товщі "полтавської серії" в межах ділянки за літологічними ознаками і характером зруденіння (за матеріалами геологозйомочних і геологорозвідувальних робіт) виділяються три горизонти.

Нижній горизонт в середньому має товщину приблизно 6 м і представлений зеленувато-сірими дрібно- і тонкозернистими

пісками з глауконітом. Цей горизонт залягає безпосередньо на зеленувато-сірих глауконіт-кварцових пісках харківського ярусу і пов'язаний з ними поступовим переходом. Середній вміст важких мінералів у породах нижнього горизонту не перевищує 0,3–0,6%; зруденіння іноді локалізується безпосередньо на контакт з відкладами харківського ярусу і, піднімаючись на 3–5 м, поступово переходить у середній горизонт. Ширина рудних тіл (шарів і ліній) не перевищує 500–600 м при довжині 500–1000 м.

Середній горизонт представлений жовтуватими дрібно- і тонкозернистими кварцовими пісками товщиною від 6–8 м у східній частині до 10–15 м – у середній і західній частинах ділянки. З цим горизонтом пов'язані окремі роз'єднані шари і лінзи,

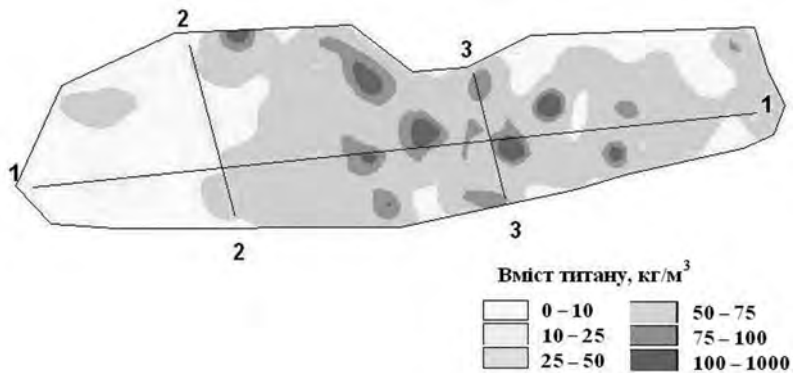


Рис. 2. Розподіл вмісту ільменіту в товщі кори вивітрювання

збагачені рудними мінералами, вміст яких досягає промислових значень. Місцями ці шари і лінзи переходять у нижній горизонт, утворюючи єдині рудні тіла. Найбільша кількість рудних тіл відмічається в південно-східній і західній частинах родовища. Тут рудні тіла середнього горизонту переходять у перекриваючий верхній горизонт, утворюючи єдину товщу рудоносних пісків. Для пісків середнього горизонту фоновий вміст



Рис. 3. Ситуаційна карта розташування титано-цирконієвих руд (з використанням даних В. Д. Ярового та ін.)

важких мінералів невисокий, зазвичай не більше 5–10 кг/м³. У рудних шарах і лінзах вміст важких мінералів коливається в межах 17–73 кг/м³, в середньому 35–40 кг/м³. Серед мінералів важкої фракції переважають характерні для відкладів полтавської серії ільменіт, рутил, дистен, силіманіт, ставроліт, турмалін, циркон. Середній вміст рудних мінералів по площі витриманий і становить (%): циркону – 4,4; рутилу – 14; ільменіту – 45,5; дистену і силіманіту – 23,8; турмаліну – 55. Товщина рудоносних шарів і лінз середнього горизонту сягає 2–10 м, в середньому 4,05 м, при середній товщині безрудних шарів 6,3 м.

Верхній горизонт представлений тонкозернистими кварцовими пісками з характерним строкатим забарвленням і косою шаруватістю. Рудні тіла мають товщину від 3,5 до 20,4 м, в середньому 11,2 м. У покрівлі горизонту над рудоносними пісками залягає малопотужний безрудний шар кварцових пісків максимальною товщиною 6 м.

У літологічному відношенні піски полтавської серії досить однорідні. Розмір зерен важких мінералів менше розміру зерен кварцу, вони концентруються в основному у фракції 0,100 – 0,056. Вміст глинистої фракції сягає 13–14%. Середній розмір зерен рудних мінералів, за аналізами Вільногірського ГМК, по 270 пробах становить (мм): циркону – 0,0654; рутилу – 0,0783; ільменіту – 0,0755; дистену і силіманіту – 0,0879; ставроліту – 0,0878; турмаліну – 0,088. Середній розмір зерен кварцу – 0,140 мм. За матеріалами геологозйомочних і геологорозвідувальних робіт на відкладах полтавської серії в межах Мотронівсько-Аннівського родовища залягає піщана товща сарматського (?) віку (приблизно може відповідати низам боярської світи за Модернізованими стратиграфічними схемами). Товщина цієї товщі змінюється від 6,6 до 27,0 м, в середньому 18,3 м. Товща представлена дрібно- і середньозернистими пісками з вмістом глинистої фракції від 8–10 до 35–40%. Вміст рудних мінералів сягає 0,1–0,7%, місцями зростає до 2–3%. Підвищення вмісту простежується в нижніх і середніх частинах розрізу на північно-західному і західному флангах родовища. Середня товщина шарів з середнім вмістом важкої фракції 2,03% становить 2,8 м. Такі

рудні тіла сарматської (?) товщі можуть об'єднуватися з рудними тілами підстилаючої полтавської серії (з вмістом умовного ільменіту 18 кг/м³) в єдиний рудоносний горизонт. Середній розмір зерен рудних мінералів у пісках сарматського ярусу (?) становить (мм): циркону – 0,891; рутилу – 0,09652; ільменіту – 0,0917; дистену і силіманіту – 0,0990; ставроліту – 0,963.

Піщана товща поступово переходить в зеленувато-сірі глини (очевидно, верхнього міоцену – пліоцену) товщиною від 5–7 до 10–12 м. Завершувальна частина розрізу представлена четвертинними відкладами, товщина яких на вододілах сягає 50 м.

Середній вміст у рудних пісках кар'єрного поля, за даними Вільногірського ГМК, становить (кг/м³): колективного концентрату – 82,63; ільменіту – 45,78; рутилу – 12,75; циркону – 6,80; дистену і силіманіту – 11,23; ставроліту – 9,15; умовного ільменіту – 127,75, при мінімально необхідному 90,6 кг/м³. Кондиційність – 14%. Товщина рудних пісків сягає 3–24 м, середня 11,2 м. Середня товщина розкриву становить 52,2 м. Коефіцієнт розкриву – 4,66, що дозволяє застосувати відкритий спосіб для відпрацювання даного родовища. Збагачення рудних пісків може здійснюватися гравітаційним методом за існуючою на Вільногірському ГМК схемою.

При потужності кар'єру 5 млн м³ рудних пісків на рік запаси Мотронівсько-Аннівського родовища забезпечать його роботу на 30 років. Враховуючи потреби на рівні 6–6,5 млн м³ рудних пісків на рік, ці запаси забезпечать роботу родовища протягом 24–26 років.

Цифрова структурно-літологічна модель. Розроблено попередній (демонстраційний) зразок ЦСЛМ родовища. З підготовленої нами спеціалізованої бази даних у моделювання введені вихідні дані, що стосуються структурних характеристик рудовміщуючої товщі, літофасіального розчленування (за двома ознаками – вмістом глинистого матеріалу і гранулометричним складом) та площадного розподілу вмісту рудних мінералів, колективного концентрату та умовного ільменіту (за середнім вмістом у розрізах рудної товщі по розвідувальних свердловинах). У базі даних враховані розрізи 1062 свердловин (в обробленому вигляді).

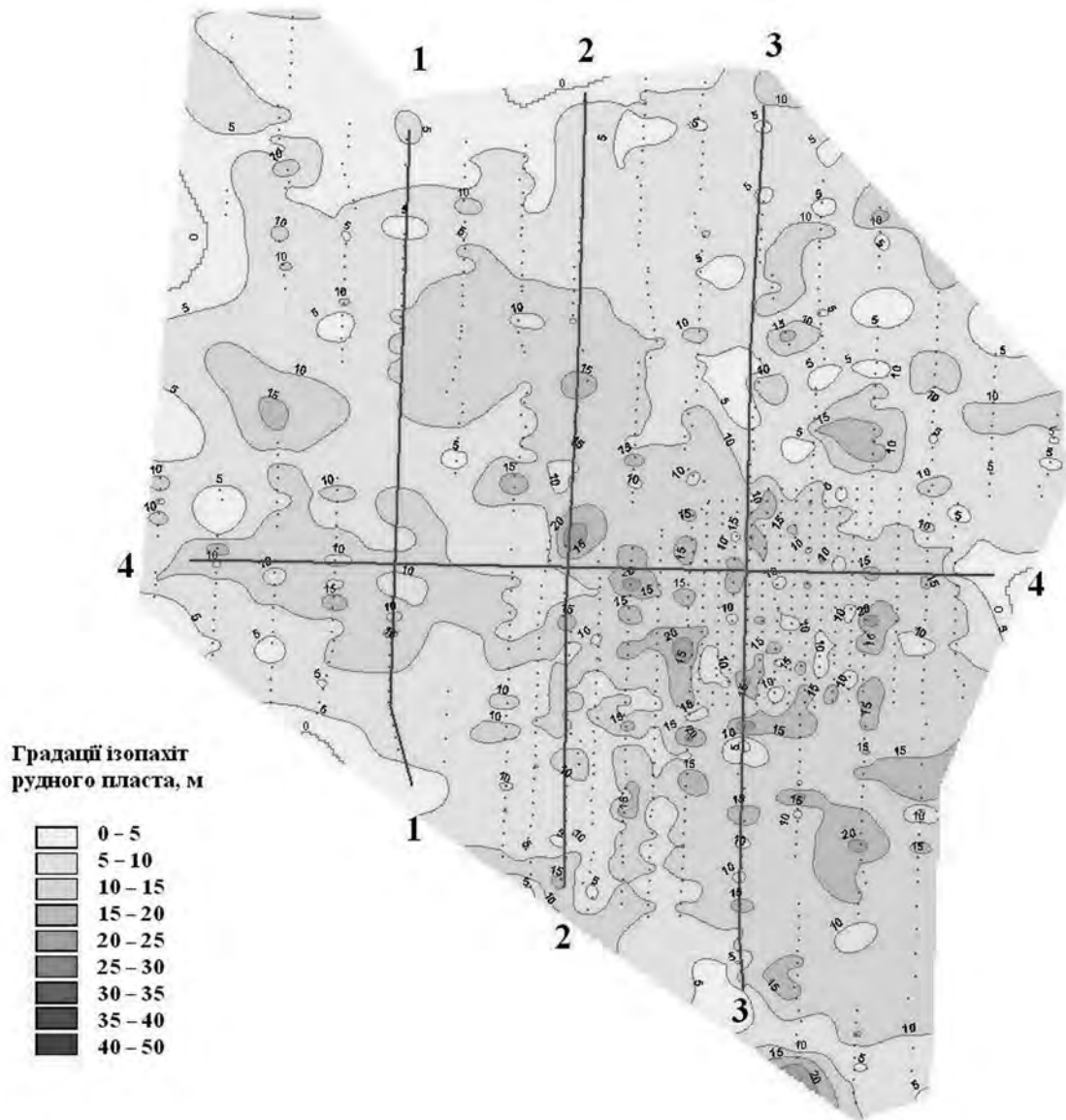


Рис. 4. Карта ізонахіт (товщин) рудоносної товщі

Демонструються приклади найбільш представницьких похідних (візуалізації) ЦСЛМ.

Карта ізонахіт (товщин) рудної товщі. На карті відображена основна смуга підвищених потужностей рудоносної товщі північно-західного простягання в середній частині ділянки, що корелює з гіпсометричними параметрами підшви товщі (рис. 4). З цією смугою корелюються також ділянки підвищених концентрацій рудних мінералів.

Карта площадного розподілу ільменіту. Показано розподіл ільменіту за встановле-

ними градаціями вмістів (рис. 5). Основна смуга підвищених концентрацій північно-західного простягання в середній частині ділянки корелюється із зниженнями рельєфу підшви рудовміщуючої товщі і підвищеннями її товщини.

Карта площадного розподілу циркону. Особливості розподілу корелюються з такими для ільменіту та інших мінералів (рис. 6).

Основні результати інтерпретації похідних ЦСЛМ:

– встановлення просторового розміщення рудних тіл, простеження їх взаємо-

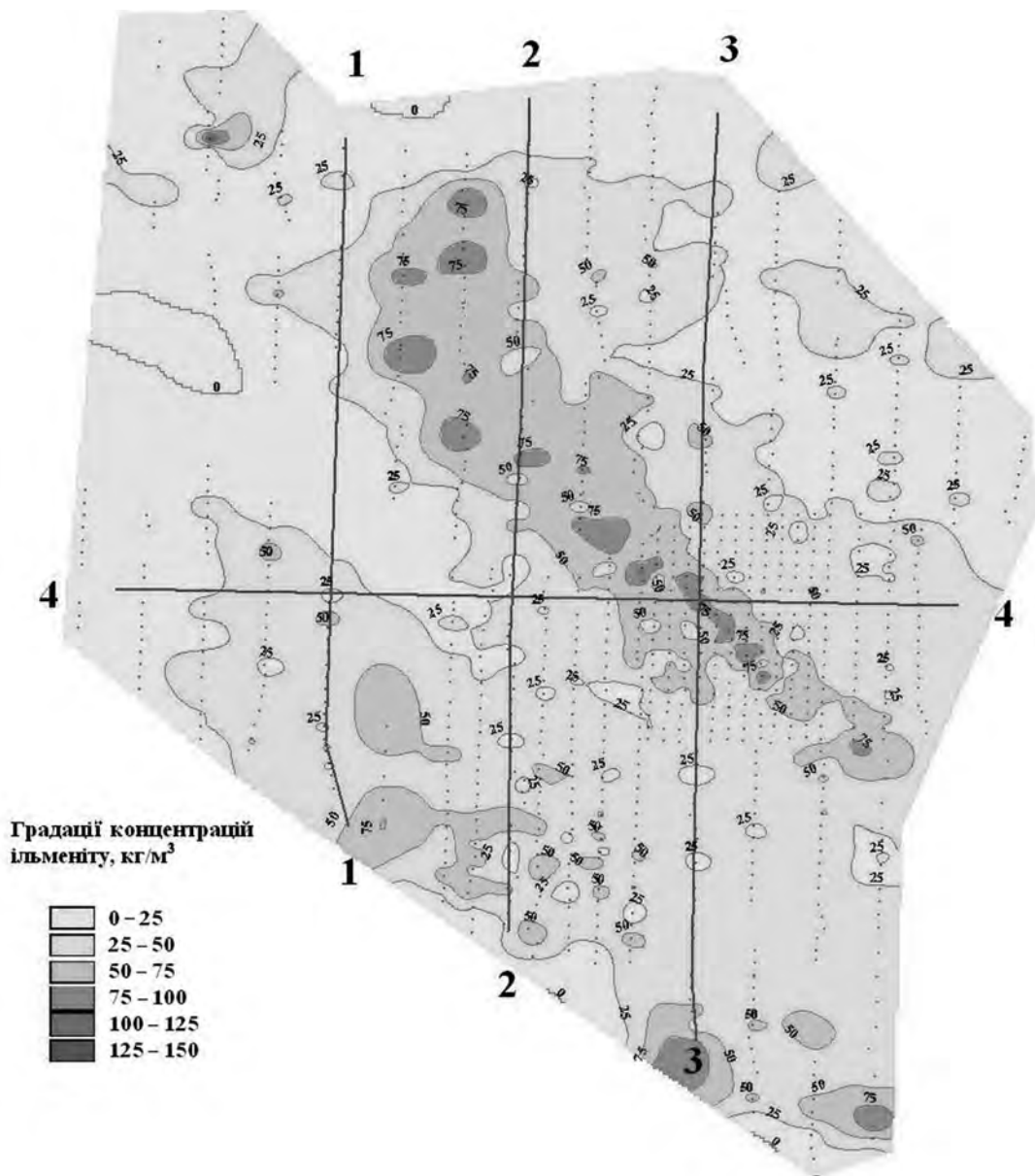


Рис. 5. Карта площадного розподілу ільменіту

зв'язків з морфологією рудної товщі та її літологічними особливостями (глинистістю, гранулометричним складом пісків і т. д.);

- встановлення просторового розміщення технологічних властивостей рудної товщі (вмісту глинистого матеріалу, гранулометричного складу пісків);

- виділення ділянок селективного відпрацювання;

- автоматичний підрахунок запасів ільменіту, циркону та інших мінералів за встановленими градаціями вмістів;

- відпрацювання методики прогнозування та оцінки родовищ даного геолого-промислового типу на суміжних територіях

Висновки

На прикладі двох типових генетично різних геолого-промислових типів розсіпних родовищ титано-цирконієвих руд продемонстровані результати і можливості розробки ЦСЛМ як сучасної багаточислової високоефективної технології інформаційного забез-

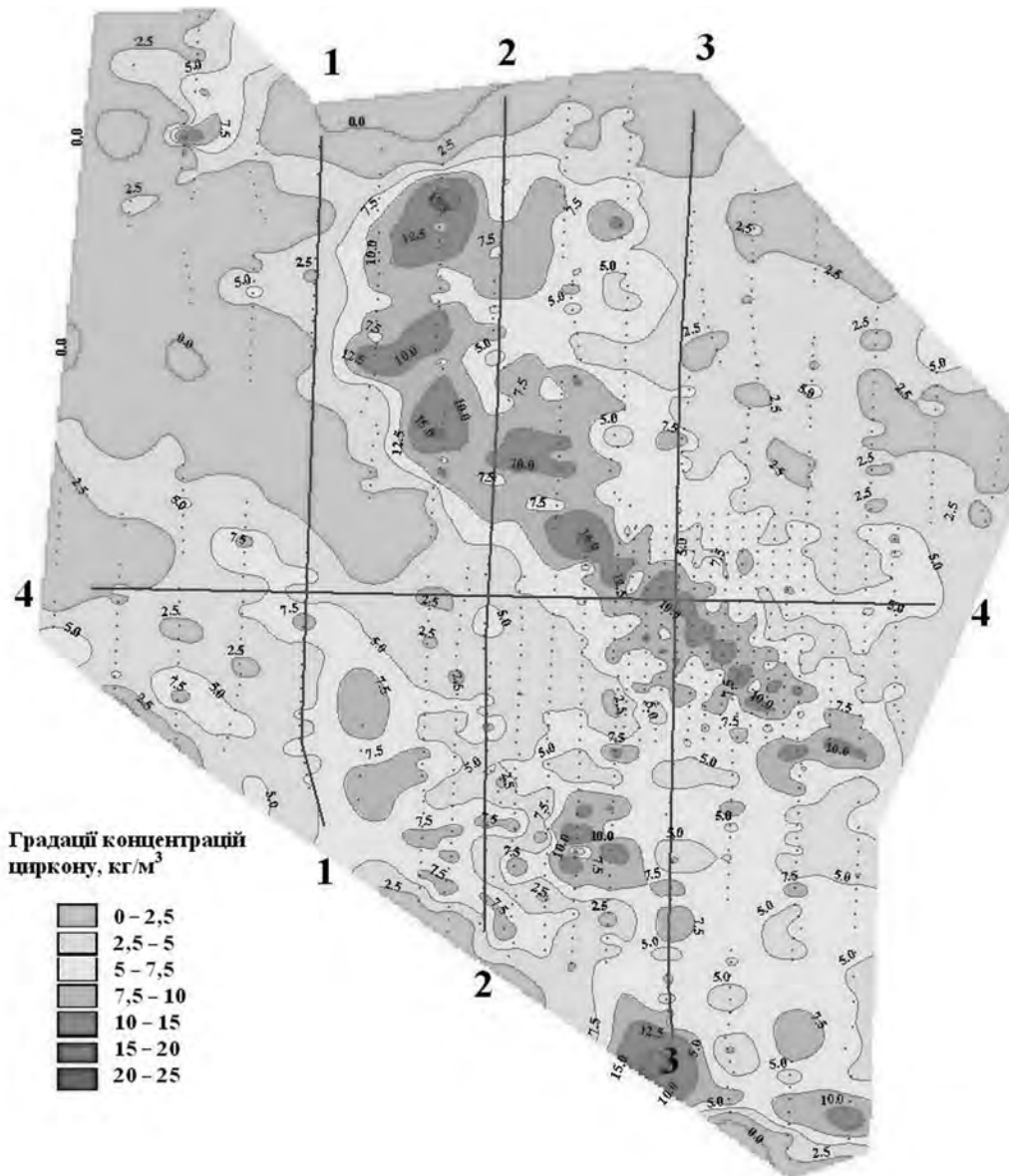


Рис. 6. Карта площадного розподілу циркону

печення геологорозвідувальних та експлуатаційних робіт. Отримані моделі є демонстраційними, наближеними, але вже достатніми для складання геологічних розділів техніко-економічного обґрунтування на дорозвідку та експлуатацію. У демонстраційні моделі не були закладені деякі види інформації, зокрема розподіл рудного матеріалу у розрізах свердловин. Для проектування експлуатаційних робіт необхідна розробка більш великомасштабної робочої моделі із забезпеченням введення поточних даних в модель, як постійно діючу, для перманент-

ного її уточнення (в порядку авторського супроводу робіт). Крім того, продемонстрований напрям моделювання може бути модифікований для дорозвідки інших опішукваних розсипних родовищ, а також прогнозування родовищ на перспективних площах.

Список літератури

1. Аузин А. А., Глазнев В. В. Компьютерное трехмерное моделирование геологических объектов и процессов // Зб. наук. пр. "Теоре-

- тичні та прикладні аспекти геоінформатики". – К., 2004. – Т. 1. – С. 50–60.
2. *Геоинформационная система "K-MINE". – КрТО МАКНС. – 40 с. (буклет).*
 3. *Гребенніков С. Є., 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.*
 4. *Гребенніков С. Є., Лобасов О. П. Моделювання будови басейнів в середовищі ArcView // Мінер. ресурси України. – 2003. – № 4. – С. 25–31.*
 5. *Карагодин Ю. Н. Региональная стратиграфия. – М.: Недра, 1985. – 180 с.*
 6. *Рухин Л. Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах / Под ред. Е. В. Рухиной. Изд. 3-е, переработ. и доп. – Л.: Наука, 1969. – 703 с.*
 7. *Страхов Н. М. Проблемы современного и древнего осадочного процесса: В 2 т. / Отв. ред. В. Н. Холодов. – М.: Наука, 2008. – Т. 1. – 495 с.*
 8. *Тимофеев П. П. Формационный анализ сложных регионов. – М.: Наука, 1983. – 185 с.*
 9. *Хрущев Д. П., Компанец Г. С. Литология галогенных и красноцветных формаций Предкарпатья. – Киев: Наук. думка, 1988. – 196 с.*
 10. *Хрущов Д. П., Лобасов А. П. Принципы разработки цифровых структурно-литологических моделей осадочных формационных подразделений // Геол. журн. – 2006. – № 2–3. – С. 90–120.*
 11. *Хрущов Д. П., Лобасов А. П., Гейченко М. В. Структурно-литологические модели перспективных осадочных формаций // Мінер. ресурси України. – 2010. – № 4. – С. 39–44.*
 12. *Grammer G. M., Harris P. M., Eberli G. P. Integration of outcrop and modern analogs in reservoir modeling // American Association of Petroleum Geologists, Memoir 80. – 2004.*
 13. *Kostic B., Suss M. P., Aigner T. Three – dimensional sedimentary architecture of Quaternary sand and gravel resources: a case study of economic sedimentology (SW Germany) // Intern. J. of Earth Sci. – 2007. – Vol. 4. – P. 743–767.*
 14. *MacCormack K. E., MacLachlen J. C., Eyles C. H. Viewing the subsurface in three dimensions: initial results of modeling the Quaternary sedimentary infill of the Dundas Valley, Hamilton, Ontario // Geosphere. – 2005. – Vol. 1. – P. 23–31.*

Ін-т геол. наук НАН України
Київ

Стаття надійшла
08.05.13

E-mail: khrushchov@hotmail.com,
remezova-e@mail.ru