

УДК 553.641+553.494](477)

О. В. ЯРЕМЕНКО, аспірантка (Інститут геологічних наук НАН України), olya_89@ukr.net

ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ Й КОМПЛЕКСНЕ ОСВОЄННЯ ТОРЧИНЬСЬКОГО АПАТИТ-ІЛЬМЕНІТОВОГО РОДОВИЩА

З погляду геології залишкове Торчинське родовище розміщене в південно-східній частині Володарсько-Волинського масиву основних порід і приурочене до розшарованої товщі габроїдів крайової фації, на яких розвинуті кори вивітрювання. Родовище не розробляли через великий термін окупності. Але, окрім апатиту й ільменіту, з руд Торчинського родовища можливо отримувати ванадій і скандій, а також каолін як сировину для виробництва будівельних матеріалів. Комплексний характер цього об'єкта підтвердили результати комп'ютерного моделювання й геолого-економічні розрахунки, що дало змогу зменшити термін окупності до трьох років.

Ключові слова: залишкове родовище, ільменіт, кора вивітрювання, гіпсометрія поверхні.

O. V. Yaremenko, a graduate student (Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine), olya_89@ukr.net

GEOLOGICAL CONDITIONS OF FORMATION AND COMPLEX DEVELOPMENT OF TORCHYN APATITE-ILMENITE DEPOSITS

Torchyn residual deposit is located in the southeastern part of Volodarsk-Volynsky basic rocks massif. It is confined to stratified habroides of marginal facies, which are covered by weathering crust. This deposit didn't developed because of long-term payback period. Besides apatite and ilmenite it is possible to extract scandium and vanadium from the Torchyn deposit ores. The kaolin is also valuable component for production of building materials is in the Torchyn ores. So, complexity of the Torchyn deposit is confirmed by the results of computer modeling and geological-economical calculation. This allowed to decrease the payback period up to 3 years.

Keywords: residual deposit, ilmenite, mantle of weathering, hypsometry of the surface.

Вступ. Випереджувальний розвиток мінерально-ресурсної бази титану для забезпечення високотехнологічних напрямів промисловості залишається одним з пріоритетних завдань української економіки. Розсипи, з яких добувають переважно ільменітову руду, поступово вичерпуються. Нові детально не розвідують, а наявні мають слабкі економічні показники. Тому всебічне вивчення геологічних умов формування Торчинського апатит-ільменітового родовища залишкового типу й комплексне його освоєння задля забезпечення ефективного розроблення в сучасних ринкових умовах є, безумовно, досить актуальним і своєчасним.

Попередні дослідження. Вагомий внесок у розвиток учення про рудоносні кори вивітрювання зробили співробітники ІГЕМ РАН І. І. Гінзбург, І. А. Рукавішнікова, А. П. Нікітіна, А. Д. Слукін, Д. Г. Сапожников, Б. А. Богатирьов та інші [Ю. Ю. Бугельский, 1970, 2000; Б. А. Богатирев, 2009; И. И. Гинзбург, 1963; Д. Г. Сапожников, 1969]. Однак титаносійні кори ці автори здебільшого залишали поза увагою. Окремим особливостям кір вивітрювання, їхній будові й рудоносності присвячено праці Ю. Ю. Бугельського (1970), В. П. Петрова [В. П. Петров, 1967], А. Д. Савка зі співавторами (2007). У роботах Ю. А. Бурміна проаналізовано будову титаносійних кір вивітрювання різних регіонів світу, зокрема Волині, Австралії й Тургайського прогину [Ю. А. Бурмин, 1984; 1988]. У працях Нормана Херза (1970), Ю. А. Бурміна та Е. Дж. Форса [Ю. А. Бурмин, 1987; Е. Р. Форс, 1991] показано зв'язок титанового зруденіння в корах вивітрювання району Роузленд у Австралії з рудопроявами в материнських габроїдах, а також схарактеризовано різні профілі кір вивітрювання. Віднедавна за кордоном стали проводити дослідження

щодо освоєння нових об'єктів залишкового типу, зокрема у Австралії [N. Herz et al., 1970; Resource Estimation, 2014].

В окремих роботах акцентують увагу на значенні родовищ кір вивітрювання в розвитку мінерально-сировинної бази України й Росії, однак, як і раніше, мало уваги приділяють питанням геології залишкових родовищ титану [Л. С. Галецький, О. О. Ремезова, 2007; Н. І. Орлова та ін., 2000]. Більшість елювіальних родовищ титану Волинського титаносійного району приурочена до площинних кір вивітрювання пізньопалеозойсько-кайнозойського [А. Д. Додатко, 2004] етапу й належить до досередньоярського віку. Спостережено залежність ступеня збереження кір вивітрювання від рельєфу [Ю. М. Веклич, 1962]. Власне, Торчинське родовище, яке відкрили в 50-х роках ХХ століття та вперше описали Н. І. Рубан і В. А. Дусяцький, розвідали в 1970–1980-ті роки геологи Житомирської експедиції Г. П. Проскурін і С. К. Швайберов. Найважливішу інформацію щодо цього родовища представлено у фондових матеріалах геологорозвідувальних робіт 1970–1980-х років.

Виклад головного матеріалу

Торчинське родовище апатит-ільменітових руд розміщене в лівобережній частині середньої течії басейну р. Тетерів на межі Радомишльського, Коростишівського й Черняхівського районів Житомирської області.

З геоструктурного погляду Торчинське залишкове родовище залягає в північно-західній частині Українського щита в межах Волинського мегаблока, для якого характерна двоповерхова будова: нижній структурний поверх являє собою докембрійський складнодислокований кристалічний фундамент, а верхній – фанерозойський осадовий платформний чохол. Значимим, що особливості геологічної будови Волинського мегаблока по-різному позначилися на процесах морфолітогенезу й утворенні різновікових форм

палеорельєфу. Наприклад, глибинні розлами зазвичай зумовлюють контури поширення відкладів і зміну генетичних типів рельєфу.

Торчинське родовище розміщене в межах Коростенського плутону. Становлення плутону відбувалося в палеопротерозої протягом тривалого тектономагматичного циклу, який охоплював близько 60 млн років. На ранніх його етапах сформувалися породи габро-анортозитової, а на пізніх – переважно рапаківі-гранітної формації.

Родовище розміщене в геодинамічно активній тектонічній зоні перетину великих розламів: Центрального й Черняхівського, а також регіональних зон активізації: Північно-української й Суцано-Пержанської. Цей тектонічний вузол забезпечує прояв контрастної тектоніки (клавійної) і сприяє процесам розшарування інтрузивних масивів.

Також родовище лежить у межах південно-східної частини Володарсько-Волинського масиву основних порід. Велика внутрішня частина масиву складена лейкократовими породами, а його ендоконтактова частина – слабо й помірно рудоносійними габро-норитами крайової фації, які ритмічно розшаровані на меланократові рудні, мезократові слабурудні й лейкократові майже безрудні шари й пачки порід.

У геологічній будові Торчинського залишкового родовища ільменіту, яке розміщене на території Коростенського плутону, беруть участь нижньопротерозойські кристалічні породи фундаменту, мезокайнозойська кора вивітрювання на них та осадові відклади кайнозою (рис. 1).

Родовище залишкового типу сформувалося в зоні гіпергенезу внаслідок винесення рухомих компонентів і утворення потужних каолінових товщ. Виникає суперечливість щодо вмісту ільменіту в корінних породах і корі вивітрювання на них. Це можна пояснити розвитком суфузійних процесів, сформованих унаслідок винесення потужними підземними водними потоками, які регулюються похилою поверхнею підвищеного блока, що схиляється на південний схід, механічно й хімічно тонкодисперсних і легкорозчинних компонентів.

У межах Володарсько-Волинського масиву в породах крайової фації зосереджені чималі ресурси бідних апатит-ільменітових руд із середнім вмістом P₂O₅ до 5 % (Володарсько-Волинська, Рижани-Поромівська та інші ділянки). Однією з таких ділянок є первинні слабурудні габро-норити Торчинського родовища, які утворюють в ендоконтакті масиву положисто нахилену на схід (4°–10°) пачку потужністю 40–60 м. Вона складається з трьох шарів (одного ритму): верхній шар збагачений магнетитом, титаномангнетитом,

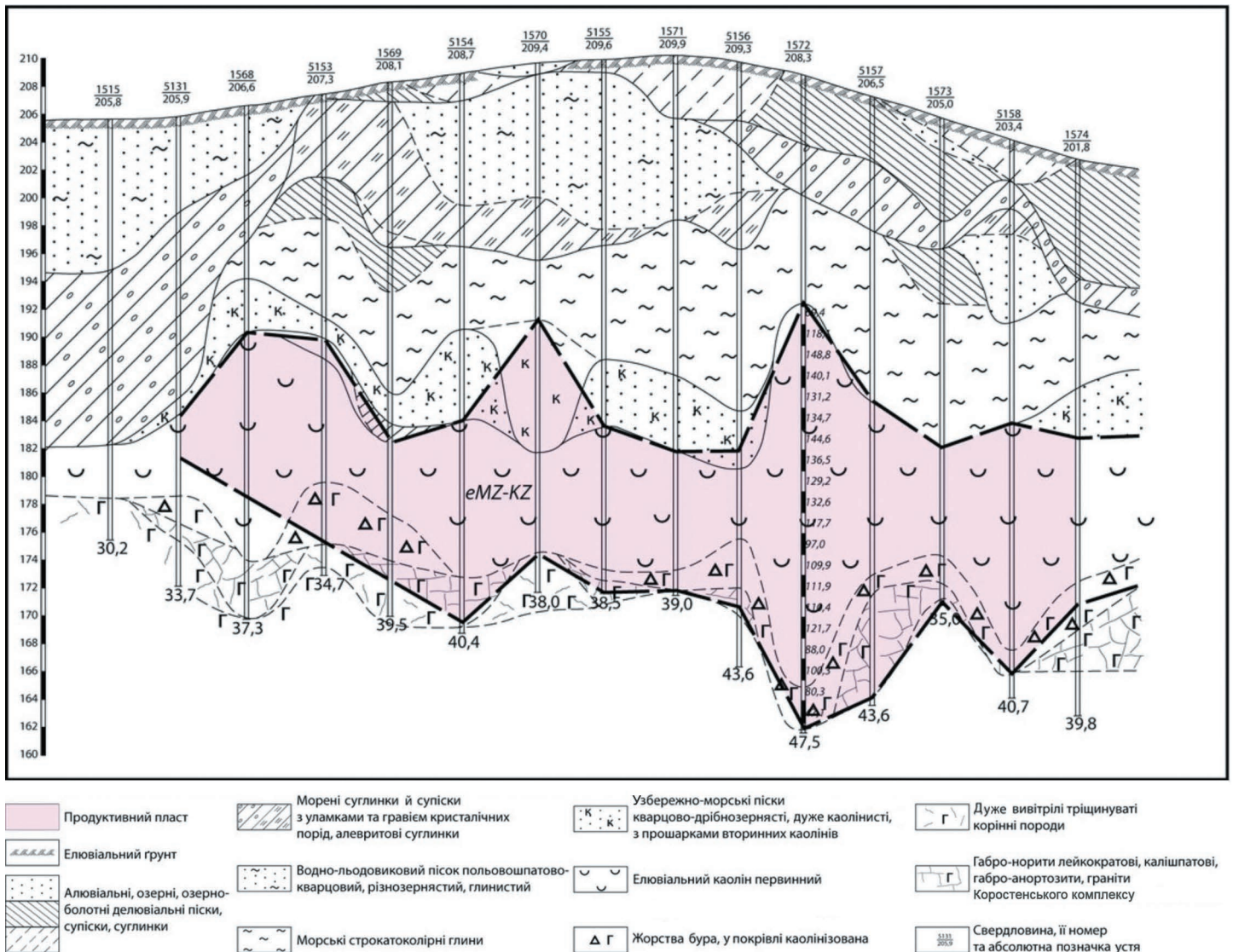


Рис. 1. Геологічний розріз Торчинського апатит-ільменітового родовища

ільменітом і апатитом; середній шар істотно ільменітовий, у верхах – з апатитом; нижній шар не містить значущих концентрацій рудних мінералів. У підшві пачки залягають безрудні анортозити й габро-анортозити. У корінних рудах родовища середній вміст P_2O_5 становить 3,3 %, тобто вони не мають промислового значення.

Накладення зон гіпергенезу на субгоризонтальну первинну розшарованість руд зумовило певну внутрішню зональну будову рудного покладу. Багатшою є нижня частина покладу, що виходить на ерозійний зріз уздовж його західного краю й розвинена на другому шарі розшарованої пачки продуктивних габро-норитів. Поклад великий, його довжина й ширина сягає кілометрів. Промислове рудне тіло розміщене в його центрально-західній частині. Середній вміст ільменіту становить 110 кг/м^3 , апатиту – 13 кг/м^3 . Ільменіт свіжий, не лейкоксенований, містить 51,2 % TiO_2 і придатний для отримання вищих сортів пігментного TiO_2 .

Окрім апатиту й ільменіту, з руд Торчинського родовища можна отримувати ванадій і скандій, а також каоліни як сировину для виробництва будівельних матеріалів. Головним титановміщувальним мінералом на родовищі є ільменіт. Титаномagnetит і лейкоксен становлять близько 1 % (у середньому 0,3 %) і в обчисленнях не враховуються.

З великими класами ільменіту пов'язано від 78,0 до 96,0 % TiO_2 . Інша частина двоокису титану припадає на частку дрібного ільменіту, який сучасними методами збагачення не вилучається.

Вміст ільменіту на родовищі варіює в широких межах (від перших кілограмів до $100\text{--}200 \text{ кг/м}^3$) і досить рівномірно його кількість зменшується від західного контакту на схід.

Супутніми компонентами в ільменіті є ванадій і скандій. Частину глинистих відходів збагачення можна використовувати у виробництві грубої будівельної кераміки.

Вміст п'ятиокису ванадію змінюється в ільменітах з кожною пробою від слідів до 0,71 % і за даними хімічних аналізів монофракцій 392 групові проби, відібрані з продуктивного шару, у середньому становлять 0,224 %.

Вміст скандію за даними вивчення проб монофракцій ільменіту нейтронно-активаційним методом коливається від 27 до 67 г/т, становлячи в середньому 60 г/т [3].

У природному заляганні за даними технологічних проб у первинних каолінах кількість частинок, розмір яких менше 0,05 мм, коливається від 49 до 65,3 % (у середньому 58,27 %).

Жорства складена на 13, 32, 48 % частками менше 0,06 мм (у середньому 14,66 %), на 32–43 % – частками 0,7–16 мм, на зерна завбільшки понад 2,0 мм припадає 10–20 %, на зерна розміром 0,05–0,16 і 0,7–2,0 – приблизно 15–20 %.

У вивітрілому габро вихід зерен понад 2,0 мм – 50–60 %.

Механічний склад каолінів і жорстви технологічних проб після дезінтеграції й дроблення на валках зерен понад 2,0 мм характеризується такими показниками: вміст класу 1,25–0,5 мм – 21,1 %; 0,5–0,2 мм – 21,0 %; 0,2–0,05 мм – 26,1 %; менше 0,05 мм – 31,8 %.

Руди вивітрілого габро, представлені жорствяно-щобеневи матеріалами, після потрібної переєкскарвації в кар'єрі за стадіями дробитимуться на фабриці збагачення до часток потрібного розміру.

Із залученням у відпрацювання вивітрілого габро кількість продукту, що надходить на операцію дроблення й подрібнення, зростає й становитиме приблизно половину від усієї зернистої маси руди, що потребує дроблення. Таким чином,

усі різновиди руд ільменітоносіної кори вивітріювання, ураховуючи вивітріле габро, надходитимуть на фабрику разом і піддаватимуться дезінтеграції. Частина руди, яка не підлягає розмиту, піде на дроблення й подрібнення.

Розподіл літологічних різновидів руд кори вивітріювання в пласті родовища залежить від трьох чинників: двох взаємопов'язаних – глибини процесу вивітріювання й первинного складу вихідної породи; збереження, тобто рівня ерозійного зрізу. Більш меланократові різновиди – габро-норити менш стійкі до процесів фізико-хімічного вивітріювання, унаслідок чого потужності зон кори вивітріювання на них трохи більші порівняно з лейкократовими породами.

Загалом співвідношення обсягів літологічних різновидів руд продуктивної зони вивітріювання на родовищі такі: на частку первинних каолінів припадає 64 %, жорстви – 24 %, вивітрілого габро – 12 %.

У процесі розвідки Торчинського родовища Харківський інститут “Южгіпроцемент” провів дослідження щодо визначення можливостей використання відходів збагачення як компонентів сировинної суміші для виробництва портландцементного клінкеру.

Для принципової оцінки якості проб відходів збагачення руд і з'ясування можливості їхнього використання як корекційної домішки у виробництві портландцементного клінкеру на цементних заводах України й Молдови, визначення можливих найсприятливіших складів клінкеру й витрат сировини на 1 т клінкеру проведено розрахунки складів сировинних сумішей і клінкерів. Проби відходів збагачувалися так само, як і польовошпатовий концентрат (проба ОЖ-2/126 – Стремигородське родовище), хвосты гравітації (ОЖ-5/30) і глинисті відходи (ОЖ-6/131 – Стремигородське родовище і ОЖ-8/133 – Торчинське родовище), які можна розглядати як глинозем, що містить домішки цементної сировинної суміші. Потрібно провести дослідження щодо використання каолінів в інших галузях промисловості (наповнювачі для різних матеріалів, косметика, системи очищення нафтопродуктів тощо).

Також удосконалили систему раціонального розроблення Торчинського родовища, а саме створено модель, одним з елементів якої є розподіл значень вертикального запасу ільменіту на родовищі. Вертикальний запас ільменіту засвідчує кількість корисної копалини по всій потужності, що припадає на 1 м^2 площі родовища. Цей параметр визначає просторовий розподіл запасів родовища.

Значення цього показника розподілені нерівномірно: максимальні значення зафіксовано в межах північно-західної частини родовища, а мінімальні – у східній його частині. Іншим важливим параметром є потужність продуктивного пласта й розкриття. У межах родовища потужності розкриття й пласта змінюються від перших сантиметрів до 39 м.

Для виділення блоків з оптимальними економічними й геологічними параметрами обчислювався інтегральний показник як різниця між умовною вартістю ільменітового концентрату й витратами на розкривні роботи, перероблення продуктивного пласта. Розподіл величини інтегрального показника наведено на рис. 2. Найрентабельніші зони зафарбовано зеленим кольором.

Розподіл блоків по чергах здійснено відповідно до значення рентабельності розробки, визначеної за допомогою інтегрального показника, що забезпечує раціональну послідовність та екологічну безпеку під час розроблення родовища.

Блоки з максимальною рентабельністю видобутку ільменітових руд розміщені в західній частині родовища, з-по-

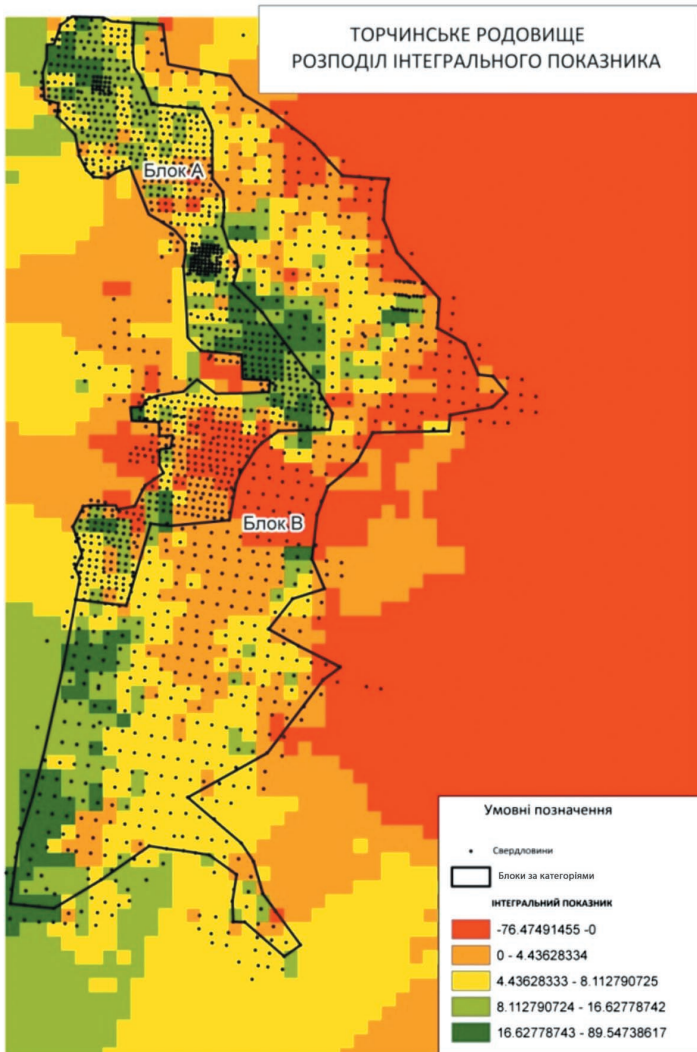


Рис. 2. Розподіл інтегрального показника

між них блоки першої черги виділено червоним кольором (рис. 3), другої черги – зеленим кольором, третьої – синім кольором.

Величина припливу води в майбутні кар'єри є відносно невеликою, насоси сумарною продуктивністю в 35 л/сек зможуть підтримувати відплив води. У разі розробки єдиним великим кар'єром, як це запропоновано попереднім ТЕО (1983 р.), зниження рівня ґрунтових вод на чималій території становило б понад 10 м.

Якщо видобувати в межах запропонованих ділянок, картина суттєво змінюється. У зв'язку з цим побудовано модель зниження рівнів ґрунтових вод унаслідок кар'єрного відпливу води для блока 367 як одного з найперспективніших. На ній видно, що скорочення площі розроблення й поступовий рух виїмки по блоку зменшує зону впливу депресійної лійки до 500 м.

Крім того, лійка постійно переміщується в міру відпрацювання кар'єру, не затримуючись у постійних межах більш ніж на один рік. А припливи води в кар'єрі меншої площі не мають суттєвого значення.

Висновки

1. Визначено структурно-геологічну позицію Торчинського родовища, яка характеризується чималою геодинамічною активністю, пов'язаною з вузлом перетину регіональних і великих зон розламів цього району: Центрального й Черняхівського розламів діагональної системи та лінійних

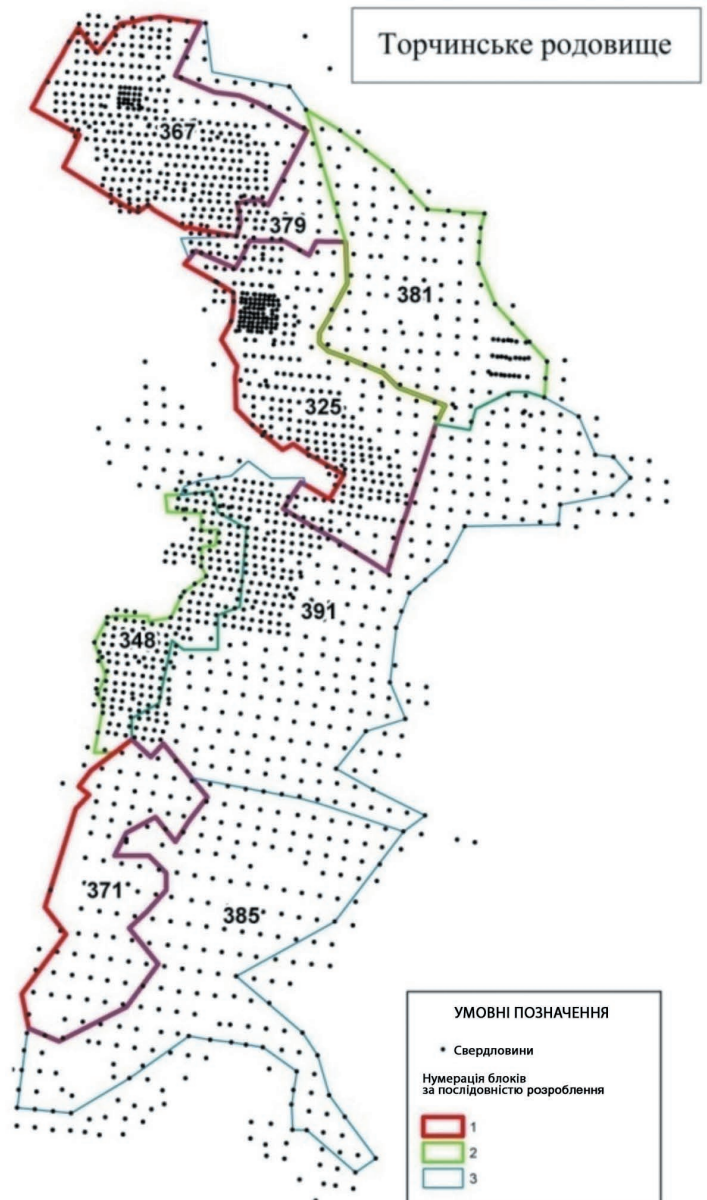


Рис. 3. Запропонована система розроблення

зон активзації субширотного напрямку Північноукраїнської мезаони активзації на півночі Волинського блока та Суцано-Пержанської зони активзації північно-східного напрямку. Для таких тектонічних вузлів властива різноблокова тектоніка клавійного типу.

Названі закономірності виявлено в результаті вперше побудованих геолого-структурних цифрових моделей цього району.

2. Уперше визначено новий генетичний тип титанових родовищ в Україні: залишково-суфозійний, які формуються завдяки потужним підземним водотокам, що регулюються похилою поверхнею підвищеного блока, схиленого на південний схід.

3. Доведено доцільність комплексного використання руд Торчинського родовища, а саме: окрім вивченого традиційного ільменітового й апатитового зруденіння, потрібно вилучати з ільменіту супутні компоненти – скандій і ванадій. Також визначено принципову можливість використання каолінових утворень для одержання каолінових і польвошпатових продуктів.

4. Уперше розроблено раціональну систему відпрацювання Торчинського родовища через послідовне проходження окремих відносно невеликих кар'єрів замість запропонованого раніше проходження єдиного великого кар'єру загальною площею близько 10 м², з чим пов'язані суттєві негативні екологічні наслідки, формування великих депресійних лійок, зниження рівня водоносних горизонтів до 10 м і відповідне осушення ґрунтів та пошкодження рослинного ландшафту.

5. Торчинське родовище не розробляли через великий термін окупності (близько 12-ти років) і тому що рентабельність можливого видобутку становила всього 8 %. За таких характеристик доцільність розроблення була під сумнівом протягом 36 років. Однак після детальнішого дослідження Торчинського родовища, побудови геолого-генетичних і геолого-технологічних моделей та розроблення раціональної системи відпрацювання, було з'ясовано, що, окрім апатиту й ільменіту, з руд родовища можливо отримувати ванадій і скандій, а також каоліни як сировину для виробництва будівельних матеріалів, наповнювачів різних матеріалів, косметики, систем очищення нафтопродуктів, що зменшило можливий період окупності родовища з 12 до 3 років, а потенційну рентабельність підвищило з 8 до 30 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василенко С. П., Охолова Т. В., Ремезова О. О., Яременко О. В. Розподіл ільменіту в титанових родовищах шляхом GIS – моделювання (на прикладі Торчинського апатит-ільменітового родовища) // Матеріали XV Міжнародної конференції на тему “Геоінформатика: теоретичні та прикладні аспекти” – Київ, 2016.
2. Веклич М. Ф. Палеогеоморфологія області Українського щита. – К.: Наукова думка, 1966. – 119 с.
3. Гаletzkiy L. S., Shevchenko T. P. Трансрегиональные рудо-концентрирующие мегазоны активизации Украины // Геология XXI столетия: шляхи розвитку та перспективи. – К.: Знання, 2001. – С. 70–82.
4. Grebennikov S. Ye., Lobasov O. P. Моделирование будови осадових басейнів у середовищі ArcView // Мінеральні ресурси України. – 2003. – № 4. – С. 25–31.
5. Сабаш Н. Я. Информационный портал о личных инвестициях и финансах/Наталья Ярославовна Сабаш. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://investfunds.ua/markets/indicators/olovo-lme/>
6. Карагодін Ю. Н. Региональная стратиграфия. – М.: Недра, 1985. – 180 с.
7. Ремезова О. О. Проблеми дослідження родовищ ільменіту північно-західної частини Українського щита // Сборник научных трудов Национального горного университета. – 2005. – № 23. – С. 22–27.
8. Рухин Л. Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах // Под ред. Е. В. Рухиной. 3-е изд. – Л.: Наука, 1969. – 703 с.
9. Страхов Н. М. Проблемы современного и древнего осадочного процесса. В 2-х томах/Ред. В. Н. Холодов. – М.: Наука, 2008. – Т. 1. – 495 с.
10. Тимофеев П. П. Формационный анализ сложных регионов. – М.: Наука, 1983. – 185 с.
11. Хрущов Д. П., Лобасов О. П. Принципы разработки цифровых структурно-литологических моделей осадочных формационных подразделений // Геол. журнал. – 2006. – № 2–3. – С. 90–102.
12. Хрущов Д. П., Лобасов О. П., Гейченко М. В. и др. Структурно-литологические модели перспективных осадочных формаций // Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 4. – С. 39–44.

REFERENCES

1. Vasylenko S. P., Okholina T. V., Remezova O. O., Yaremenko O. V. Ilmenite distribution in titanium deposits by GIS-modeling (for example Torchynske apatite-ilmenite deposit) // Papers XV International Conference “Geoinformatics: theoretical and applied aspects” – Kyiv, 2016. (In Ukrainian).
2. Veklych M. F. Paleogeomorphology of the Ukrainian shield. – Kyiv: Naukova dumka, 1966. – 119 p. (In Ukrainian).

3. Galetzkiy L. S., Shevchenko T. P. Transregional ore-concentrating megazones of activation of Ukraine // Geology of the XXI century: the ways of development and prospects. – Kyiv: Znannia, 2001. – P. 70–82. (In Russian).

4. Grebennikov S. Ye., Lobasov O. P. The modeling of sedimentation basins in ArcView environment // Mineralni resursy Ukrainy. – 2003. – № 4. – P. 25–31. (In Ukrainian).

5. Sabadash N. Ya. Informational portal about own investments and finances. – 2015. – Available at: <http://investfunds.ua/markets/indicators/olovo-lme/> (In Russian).

6. Karagodin Yu. N. The regional stratigraphy. – Moskva: Nedra, 1985. – 180 p. (In Russian).

7. Remezova O. O. The problems of ilmenite deposits researches of the north-western part of the Ukrainian shield // The collection of scientific works of the National mining university. – 2005. – № 23. – P. 22–27. (In Ukrainian).

8. Rukhin L. B. The bases of the lithology. The study of the sedimental rocks/Under the redaction of E. V. Rukhina. The 3-d ed. – Leningrad: Nauka, 1969. – 703 p. (In Russian).

9. Strahov N. M. The problems of the modern and ancient sedimental process. In 2 vol./Responsible ed. V. N. Holodov. – Moskva: Nauka, 2008. – Vol. 1. – 495 p. (In Russian).

10. Timofeev P. P. The formational analysis of the complicated regions. – Moskva: Nauka, 1983. – 185 p. (In Russian).

11. Hrushchov D. P., Lobasov A. P. The principles of the digital structure-lithological models elaboration for sedimental formation subdivisions // Geological journal. – 2006. – № 2–3. – P. 90–102. (In Russian).

12. Hrushchov D. P., Lobasov A. P., Gejchenko M. V., Kovalchuk M. S., Remezova E. A., Kyrpach Yu. V., Stepanyuk A. V. The structure-lithological models of the prospective sedimentary formations // Mineralni resursy Ukrainy. – 2010. – № 4. – P. 39–44. (In Russian).

Рукопис отримано 19.10.2016.