

УДК 553.494 (477.42)

## ІЛЬМЕНІТОНОСНІСТЬ ПРОДУКТИВНИХ ВІДКЛАДІВ ТА ЯКІСНІ ПАРАМЕТРИ ІЛЬМЕНІТУ ТРОСТЯНИЦЬКОГО РОДОВИЩА ТИТАНОВИХ РУД

**Мирон Ковальчук**, д-р геол. наук, професор,  
завідувач відділу літології  
[kms1964@ukr.net](mailto:kms1964@ukr.net)  
<https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>  
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56358899000>

**Любов Фігура**, канд. геол. наук, старший дослідник,  
старший науковий співробітник відділу літології  
[liuba\\_figura@ukr.net](mailto:liuba_figura@ukr.net)  
<https://orcid.org/0000-0001-8009-2854>  
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58486319400>  
Інститут геологічних наук НАН України,  
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01601

Подано короткі відомості про геологічну будову Тростяницького родовища ільменіту, яке розташоване в північній частині Володарськ-Волинського масиву порід основного складу Коростенського плутону. У межах родовища поклади ільменіту локалізовані в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту та в продуктах її розмиву й перевідкладення – нерозчленованих середньоюрсько-нижньокрейдових континентальних флювіальних (делювіально-алювіальних) відкладах, які представлені пісками каоліністими та перевідкладеними каолінами. Делювіально-алювіальні відклади з розмивом залягають на корі вивітрювання порід фундаменту й виповнюють поховане долиноподібне зниження міжріччя річок Ірша і Тростяниця. Кора вивітрювання була для делювіально-алювіальних відкладів плотиком і проміжним колектором розсипних мінералів, зокрема й ільменіту. На підставі координат свердловин, їх опису та результатів опробування створено картографічні побудови, на основі яких досліджено латеральний розподіл товщини кори вивітрювання й делювіально-алювіальних відкладів середньої юри – нижньої крейди та латеральний розподіл середнього вмісту ільменіту в цих осадових утвореннях. Подано відомості щодо морфології, гранулометрії та хімічного складу ільменіту з елювію і делювіально-алювіальних відкладів. На основі результатів хімічного аналізу ільменіту досліджено латеральний розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів титану, окисного й закисного заліза, фосфору, ванадію, хрому в корі вивітрювання, піщаних і глинистих літофаціях середньої юри – нижньої крейди. Досліджено латеральний розподіл ільменіту з різним відношенням  $FeO / Fe_2O_3$  в елювії, перевідкладених каолінах і пісках середньої юри – нижньої крейди. Досліджено напрям і силу кореляційних зв'язків між зазначеними оксидами в ільменіті з кори вивітрювання, піщаних і глинистих літофацій середньої юри – нижньої крейди. Досліджено вертикальний розподіл ільменіту з різним вмістом  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$  у вертикальному перетині свердловин.

Отримані результати дають змогу конкретизувати ділянки максимальної і мінімальної товщини продуктивних утворень; ділянки підвищеного і зниженого середнього вмісту ільменіту в межах родовища; просторовий розподіл ільменіту з певними якісними параметрами в елювії та делювіально-алювіальних відкладах середньої юри – нижньої крейди; з'ясувати кореляційні зв'язки між вмістом різних оксидів в ільменіті.

**Ключові слова:** Коростенський плутон, Тростяницьке родовище, кора вивітрювання, делювіально-алювіальні відклади середньої юри – нижньої крейди, ільменіт, латеральний розподіл вмісту ільменіту, вміст оксидів в ільменіті, просторовий розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів.

DOI <https://doi.org/10.30970/min.74.03>

**Вступ.** Україна володіє потужною мінерально-сировинною базою і входить до провідних країн світу за цим показником. Серед мінеральних ресурсів особливе місце посідають критичні корисні копалини, які широко використовуються в сучасних високотехнологічних галузях, зокрема для енергетичних технологій, в аерокосмічній і оборонній промисловості; для акумуляторних технологій та ін. [2]. До переліку критичних корисних копалин входить титан, основним мінеральним носієм якого є ільменіт. Титан використовують у легких високоміцних сплавах для авіації, аерокосмічних апаратів, у галузі оборони, суднобудування, виготовлення медичних приладів, хімічній промисловості тощо. Це суто розсіпні родовища. На їх базі діють Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат і Вільногірський гірничо-металургійний комбінат; видобуток руд титану також здійснюють ТОВ «Валки-Ільменіт», ТОВ «Демурицький ГЗК», ТОВ «Велта»; ТОВ «Межиріченський ГЗК»; ТОВ «Кольорові метали» та ін. [2]. Нині спеціальні дозволи на видобування комплексних циркон-рутил-ільменіт-апатитових розсіпів надано на ряд родовищ, серед яких і Тростяницьке, яке розташоване неподалік від Межирічного родовища.

**Фактичний матеріал і методи дослідження.** Методико-методологічною основою досліджень були напрацювання авторів зі структурно-літологічного моделювання розсіпних родовищ, які апробовані на золотовмісних, ільменітових, циркон-ільменітових і монацитових розсіпах Українського щита й оприлюднені на наукових конференціях різного рівня, у наукових статтях і колективних монографіях [1, 3–5]. Фактичним матеріалом для досліджень Тростяницького родовища були виробничі звіти (С. К. Швайберов «Пошуково-оцінювальні роботи на Ставищанському, Тростяницькому і Очеретянському розсіпах ільменіту»: Звіт Житомирської геолого-розвідувальної експедиції про результати пошуково-оцінювальних робіт, проведених у 1987–1991 рр. в Житомирській області УРСР, Київ, 1991; С. К. Швайберов «Попередня розвідка Тростяницького розсіпного родовища ільменіту в Житомирській області України»: Звіт Житомирської КГРП про результати робіт на титан, проведених у 1991–1999 рр. Київ, 1999; Л. М. Базалійська Звіт «Розвідка Тростяницького розсіпного родовища ільменіту», Київ, 2008).

Для дослідження рельєфу покрівлі, підшви рудоносних відкладів, їхньої товщини, розподілу вмісту та розміру ільменіту за латераллю і у вертикальному перетині свердловин рудоносних відкладів, а також вмісту оксидів титану, заліза, ванадію, фосфору і хрому в ільменіті було складено цільову базу даних, на основі якої створено відповідні картографічні побудови. Картографічні побудови здійснено з використанням ГІС-технологій у програмних забезпеченнях *Golden Software Strater*, *Golden Software Surfer*. Для побудови карт латерального розподілу вмісту ільменіту, розміру його зерен, вмісту в ньому оксидів титану, заліза, фосфору, ванадію і хрому використано їх середні вмісти. У колонках вертикального розподілу цих компонентів за свердловинами використано їх вмісти. Кореляційні зв'язки між мінералами та певними параметрами рудовмісних відкладів досліджено в *Microsoft Excel*.

**Мета роботи** – дослідження структурних і речовинних параметрів рудовмісних відкладів та хімічного складу і гранулометрії ільменіту Тростяницького родовища як основи для оцінки рудоносності та якості мінеральної сировини.

**Аналіз попередніх досліджень.** Рудопрояви ільменіту в корах вивітрювання габроїдів та осадових відкладах, що їх перекривають, на території Тростяницького родовища були виявлені протягом 1964–1970 рр. під час геолого-знімальних робіт масштабу 1 : 50000. Згодом пошуково-рекогносцирувальними роботами 1974–1976 рр. виявлено поховані долини, які виповнені ільменітовмісними осадовими утвореннями. За результатами буріння 99 свердловин у 1975–1978 рр. виокремлено два ільменітові поклади – Північний і Південний. Згодом Південний поклад був відбракований, а Північний перейменували

в Тростяницькій. У 1977 році за результатами лабораторних досліджень зроблено висновок, що за певних умов збагачення можна отримати оксид титану високої якості. Упродовж 1987–1991 рр. у межах Тростяницької ділянки проведено пошуково-оціночні роботи зі згущенням сітки свердловин, які розкрили кору вивітрювання. За результатами буріння 213 свердловин здійснено підрахунок запасів категорії  $C_2$ , оцінено перспективні ресурси категорії  $P_1$  і підтверджено промислову цінність родовища. Згодом Сімферопольським інститутом мінеральних ресурсів обґрунтовано потребу в дослідженні всіх запасів родовища, розрахованих за бортового вмісту ільменіту в пробі алювію –  $18 \text{ кг/м}^3$  і в пробі кори вивітрювання –  $25 \text{ кг/м}^3$ . У 1987–1991 рр. геологами Житомирської геолого-розвідальної експедиції під керівництвом С. К. Швайберова проведено пошуково-оціночні роботи в межах Тростяницького розсипу ільменіту. У подальшому, у 1991–1999 рр. під керівництвом С. К. Швайберова було здійснено попередню розвідку Тростяницького родовища. У 2008 р. під керівництвом Л. М. Базалійської проведено детальну геологічну розвідку Тростяницького родовища.

**Результати дослідження.** Тростяницьке родовище ільменіту розміщене в Житомирському районі Житомирської області (рис. 1). У геолого-структурному відношенні родовище приурочене до північної частини Володарськ-Волинського масиву основних порід Коростенського плутону. На північному заході Тростяницьке родовище безпосередньо примикає до Межирічного родовища.



Рис. 1. Карта розміщення Тростяницького родовища на космознімку з порталу Google Earth Pro

У геологічній будові Тростяницького родовища беруть участь породи основного складу протерозою, кора вивітрювання кристалічних порід фундаменту, нерозчленовані середньоюрсько-нижньокрейдові континентальні флювіальні відклади, які утворилися внаслідок розмиву й перевідкладення елювію та виповнюють ранньоярську палеодолину північно-східного напрямку шириною 2,0 км, а також пухкі осадові утворення

кайнозойського віку. Інтрузивні породи представлені коростенським комплексом порід основного, кислого й гібридного складу. Породи основного складу містять залізо-титанову мінералізацію та є корінними джерелами ільменіту для кір вивітрювання і розсіпів.

Корисною копалиною Тростяницького родовища є ільменіт, поклади якого локалізовані в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту та в продуктах її розмиву й перевідкладення в ерозійно-тектонічній палеодолині – середньоюрсько–нижньокрейдових континентальних відкладах, представлених головно алювіальними утвореннями.

На кристалічних породах повсюдно залягає мезозой-кайнозойська кора вивітрювання площевого морфологічного типу. Абсолютні відмітки підшови, покрівлі, товщини кори вивітрювання, середньоюрсько-нижньокрейдових континентальних флювіальних відкладів і вміст ільменіту в цих утвореннях за результатами попередньої та детальної розвідки родовища відрізняються, тому ми використовуваємо дані, отримані за результатами аналізу й інтерпретації даних детальної розвідки родовища.

Абсолютні відмітки покрівлі кори вивітрювання становлять 158,97–188,55 м; підшови – 147,45–186,89 м і обумовлені структурно-тектонічною поверхнею кристалічного фундаменту. Товщина кори вивітрювання становить 0,5–27,5 м; середнє значення – 6,62 м (рис. 2, а). У вертикальному перетині кори вивітрювання виокремлено три зони (знизу вгору): дезінтеграції і вилуговування, каолініт-гідрослюди́ста, каолінітова. Переходи між зонами поступові й умовно діагностуються за кількісним співвідношенням каолініту, монтморилоніту, гідрослюди і розкладу польового шпату та темноколірних мінералів.

Основним рудним мінералом кори вивітрювання є ільменіт. Ільменітоносна кора вивітрювання становить єдиний великий поклад складної конфігурації. Вміст ільменіту в корі вивітрювання від перших кілограмів до 423,9 кг/м<sup>3</sup>. Середній вміст ільменіту за свердловинами становить 12,2–239,4 кг/м<sup>3</sup> (середнє значення – 35,54 кг/м<sup>3</sup>). Латеральний розподіл ільменіту і його середній вміст у корі вивітрювання більш-менш рівномірний із локальними ділянками його підвищеного вмісту й визначається розподілом і вмістом у материнських породах фундаменту, завдяки яким утворилася кора вивітрювання (рис. 2, б). Вертикальний розподіл ільменіту в профілі кори вивітрювання здебільшого рівномірний, подекуди з декількома чітко вираженими рівнями збагачення.

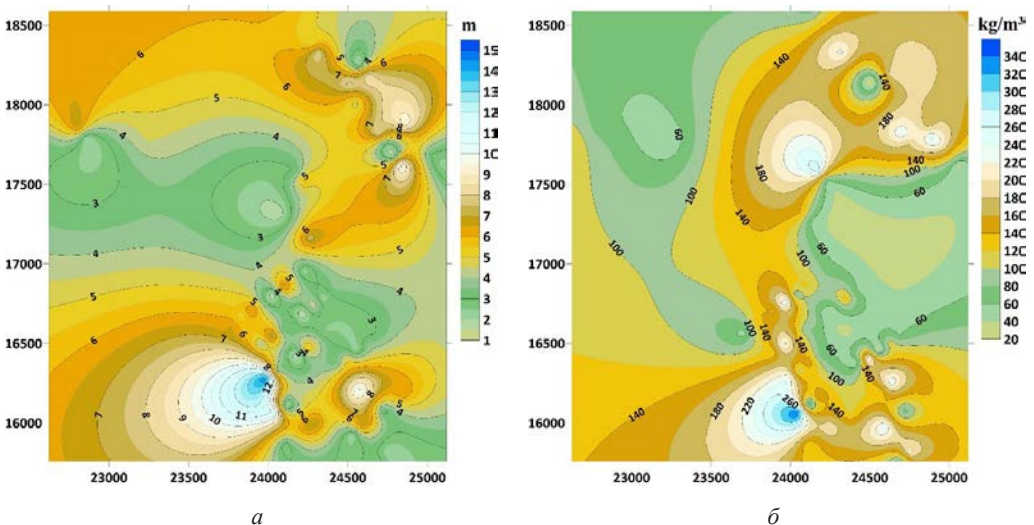


Рис. 2. Ізопахіти товщини (а) кори вивітрювання кристалічних порід фундаменту та латеральний розподіл середнього вмісту ільменіту в елювії (б)



Мінералогічним аналізом у корі вивітрювання, крім ільменіту, діагностовано ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ): лейкоксен – до 3,49; апатит – до 4,8; циркон – до 0,44; пірит – до 7,39; сидерит – до 70,63; лімоніт – до 0,41. У знакових кількостях присутні рутил, гранат, ставроліт, турмалін, магнетит та ін.

Розмір зерен ільменіту переважно 0,1–1,0 мм (середнє значення 0,52 мм); переважає фракція 0,1–0,5 мм (44,26 %). В елювії ільменіт перебуває у вигляді крапленості і гніздо-подібних скупчень, а також у зростках з іншими мінералами материнських порід.

Із розмивом у пониженнях палеорельєфу кори вивітрювання залягають нерозчленовані середньоюрсько-нижньокрейдів флювіальні континентальні відклади, які представлені перевідкладеними каолінами й пісками каолінистими, що утворилися за делювіально-алувіальних фаціальних умов.

Піски кварцові, каолінисті, сірі, темно-сірі, від дрібно-, середньо- до великозернистих, часто з галькою кварцу, стяжіннями кременів і вуглистою речовиною. Переважають відміни пісків із розміром фракції 0,25–0,5 мм і 0,5–1,0 мм, сумарний вміст яких становить 58 %. Вміст глинистої складової в пісках – до 30 %. Перевідкладені каоліни світло-сірого, жовтувато-сірого забарвлення, піщанисті з гравієм і галькою кварцу та стяжіннями кременю залягають переважно в бортових частинах палеодолини та верхній частині розрізу середньоюрсько-нижньокрейдів відкладів. У перевідкладених каолінах вміст каолініту до 60 %, вміст піщаної фракції – до 23,0 %. У будові середньоюрсько-нижньокрейдів флювіальних континентальних відкладів переважають піски.

Рельєф підосви й покрівлі середньоюрсько-нижньокрейдів відкладів нерівний, із підвищеннями й пониженнями. Абсолютні відмітки покрівлі – 162,34–190,29 м; підосви – 158,97–188,55 м. Товщина відкладів – 0,5–20,0 м; середнє значення 3,81 м (рис. 3, а).

Зерна ільменіту мають кутасто-неправильну форму або представлені уламками товсто-таблитчастих зерен. Частина ільменіту лейкоксенізована. Лейкоксен присутній у вигляді облямівок на зернах ільменіту та у його тріщинах.

Мінералогічним аналізом, крім ільменіту в середньоюрсько-нижньокрейдів відкладах присутні ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ): лейкоксен – до 6,83; апатит – до 0,01; циркон – до 0,44; рутил – до 0,06; магнетит – до 0,02. У знакових кількостях присутні монацит, дистен та ін.

Вміст ільменіту в континентальних флювіальних утвореннях – 6,10–523,2  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; середнє значення – 45,86  $\text{кг}/\text{м}^3$  (рис. 3, б). Потрібно зазначити, що перевідкладеним каолінам притаманні більш високі вмісти ільменіту, ніж піщаним відкладам. Розмір зерен ільменіту становить здебільшого 0,1–1,0 мм; переважає фракція розміром 0,1–0,3 мм; середній розмір ільменіту – 0,44 мм.

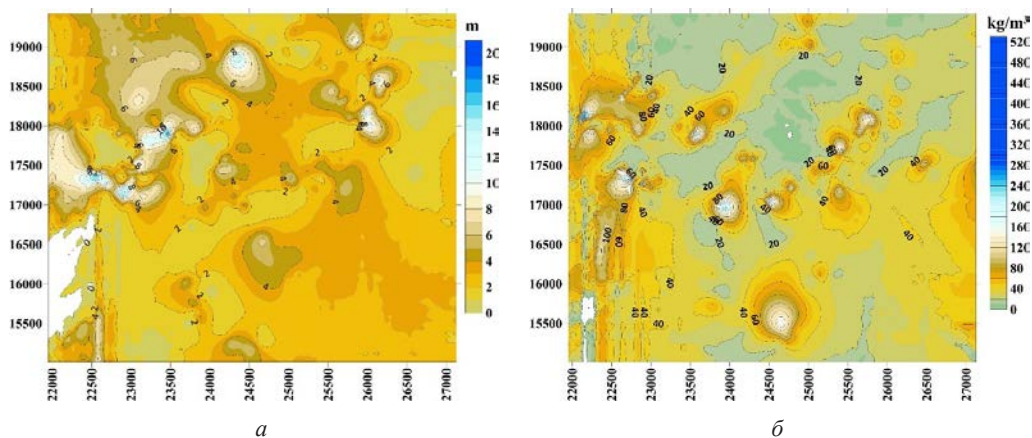


Рис. 3. Ізопахіти товщини (а) середньоюрсько-нижньокрейдів алювіальних відкладів і латеральний розподіл середнього вмісту ільменіту в елювії (б)

Вміст (%) в ільменіті з елювію:  $\text{TiO}_2$  – 49,35–57,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 17,78–25,71;  $\text{FeO}$  – 19,44–29,37;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,01–0,04;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,22–0,33;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 0,01–0,05;  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  – 0,012. Відношення  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,78–1,65.

На підставі координат свердловин і хімічного аналізу ільменіту нами досліджено латеральний розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) у корі вивітрювання, пісках і перевідкладених каолінах середньої юри – нижньої крейди (рис. 4–6). Найважливішим показником якості ільменіту є вміст у ньому  $\text{TiO}_2$ , а також корисних (головно  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ ) і шкідливих (головно  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) оксидів.

За допомогою кореляційного аналізу досліджено напрям і силу кореляційних зв'язків між оксидами окисного й закисного заліза, титану, фосфору, ванадію, хрому. З'ясовано, що в ільменіті з елювію прямий сильний кореляційний зв'язок існує між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (+0,76); прямий помірний – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  (+0,37),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (+0,38),  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (+0,38),  $\text{FeO}$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (+0,43),  $\text{V}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (+0,48); обернений сильний – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{FeO}$  (–0,89),  $\text{FeO}$  і  $\text{TiO}_2$  (–0,72); обернений середній – між  $\text{TiO}_2$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,53),  $\text{FeO}$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (–0,54); обернений помірний – між  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,43),  $\text{TiO}_2$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,43); обернений слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,26); кореляційні зв'язки відсутні між  $\text{FeO}$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  та  $\text{TiO}_2$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Латеральний розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів у межах певної ділянки кори вивітрювання представлено на рисунку 4.

Вміст (%) в ільменіті з піщаних відкладів середньої юри – нижньої крейди:  $\text{TiO}_2$  – 50,51–54,68;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 21,06–49,09;  $\text{FeO}$  – 9,93–25,24;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,02–0,06;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,23–0,35;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 0,02–0,03;  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  – до 0,016. Відношення  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,38–2,97. З'ясовано, що в ільменіті з алювіальних пісків прямий середній кореляційний зв'язок існує між  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (+0,62); прямий помірний – між  $\text{TiO}_2$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (+0,46),  $\text{FeO}$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (+0,43),  $\text{TiO}_2$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (+0,38); обернений середній – між  $\text{TiO}_2$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,54); обернений помірний – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  (–0,37); обернений слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{FeO}$  (–0,29),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,28),  $\text{FeO}$  і  $\text{TiO}_2$  (–0,23),  $\text{FeO}$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (–0,23),  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,23); обернений дуже слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,19),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (–0,17),  $\text{FeO}$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,15); кореляційний зв'язок відсутній між  $\text{V}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Латеральний розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів у межах певної ділянки кори вивітрювання представлено на рисунку 5.

Вміст (%) в ільменіті з перевідкладених каолінів середньої юри – нижньої крейди:  $\text{TiO}_2$  – 49,75–55,62;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 15,12–31,72;  $\text{FeO}$  – 13,65–28,54;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,01–0,07;  $\text{V}_2\text{O}_5$  – 0,23–0,37;  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  – 0,02–0,08;  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  – до 0,029. Відношення  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,45–1,74.

З'ясовано, що в ільменіті з перевідкладених флювіальних каолінів прямий сильний кореляційний зв'язок існує між  $\text{TiO}_2$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (+0,78); прямий середній – між  $\text{V}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (+0,69),  $\text{FeO}$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (+0,57); прямий помірний – між  $\text{FeO}$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (+0,49); прямий слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (+0,21); обернений сильний – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{FeO}$  (–0,73); обернений середній – між  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,69),  $\text{FeO}$  і  $\text{P}_2\text{O}_5$  (–0,61); обернений помірний – між  $\text{TiO}_2$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,46),  $\text{P}_2\text{O}_5$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,48); обернений слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{V}_2\text{O}_5$  (–0,28),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,26),  $\text{FeO}$  і  $\text{TiO}_2$  (–0,26); обернений дуже слабкий – між  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{TiO}_2$  (–0,19),  $\text{TiO}_2$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (–0,19). Латеральний розподіл ільменіту з різним вмістом оксидів у межах певної ділянки кори вивітрювання представлено на рисунку 6.

Зважаючи на те, що однією з якісних характеристик ільменіту є відношення у його складі  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$ , нами проведено відповідні розрахунки й побудовано карти латерального розподілу ільменіту з різним відношенням  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  в елювії та утвореннях середньої юри – нижньої крейди (перевідкладених каолінах і пісках).

Як видно з картографічних побудов, ділянки поширення ільменіту зі значним чи незначним відношенням  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  в різновікових і різногенетичних утвореннях просторово не збігаються (рис. 7). Часткові просторові збіги латерального поширення ільменіту з різним відношенням  $\text{FeO} / \text{Fe}_2\text{O}_3$  у перевідкладених каолінах і пісках із латеральним поширенням ільменіту з різним вмістом  $\text{FeO}$  у цих утвореннях (див. рис. 7, б, в; 5, в; 6, в).

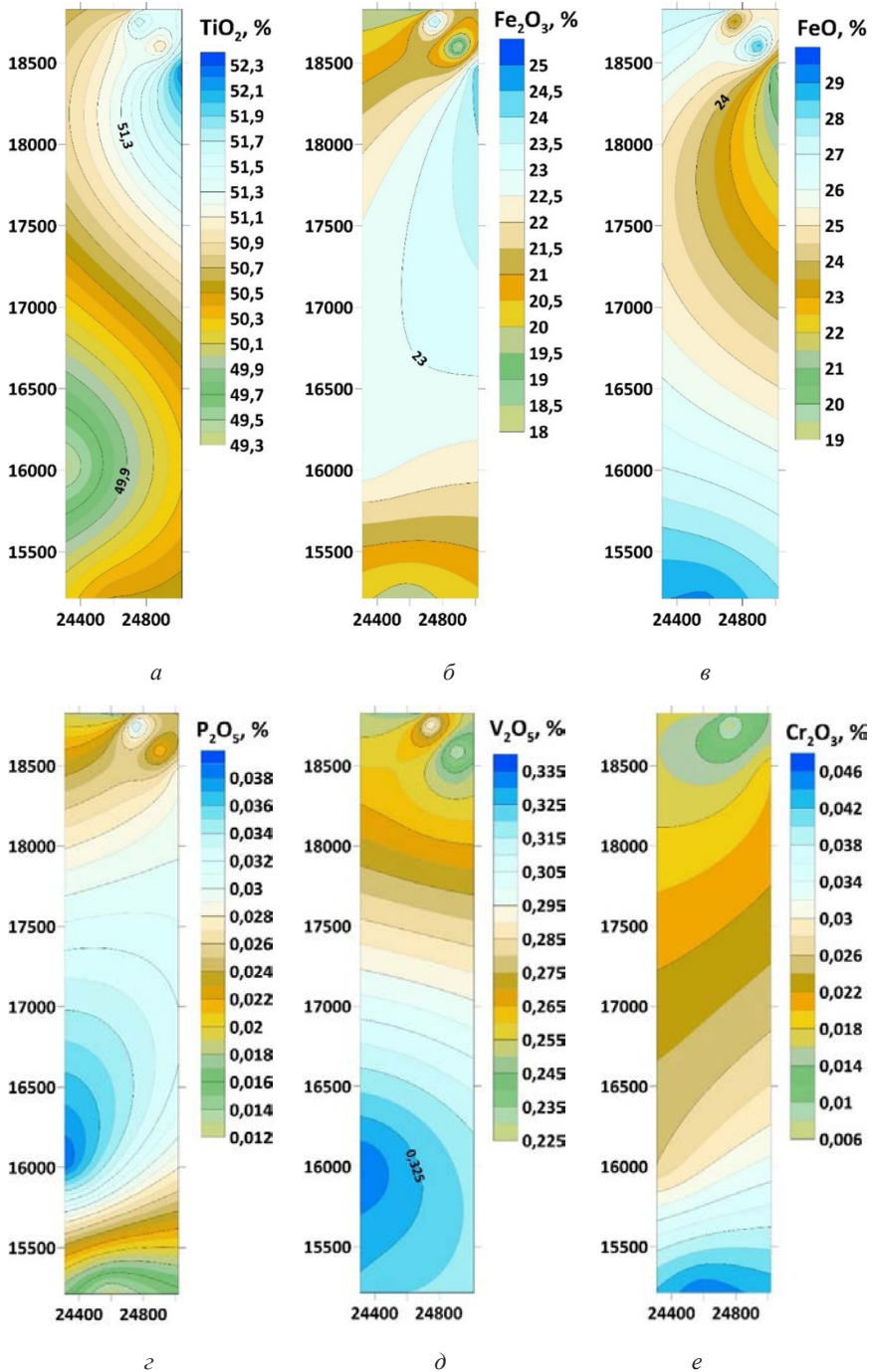


Рис. 4. Лагеральний розподіл ільменіту в корі вивітрювання з різним вмістом оксидів:  $TiO_2$  (*a*),  $Fe_2O_3$  (*б*),  $FeO$  (*в*),  $P_2O_5$  (*г*),  $V_2O_5$  (*д*),  $Cr_2O_3$  (*е*)

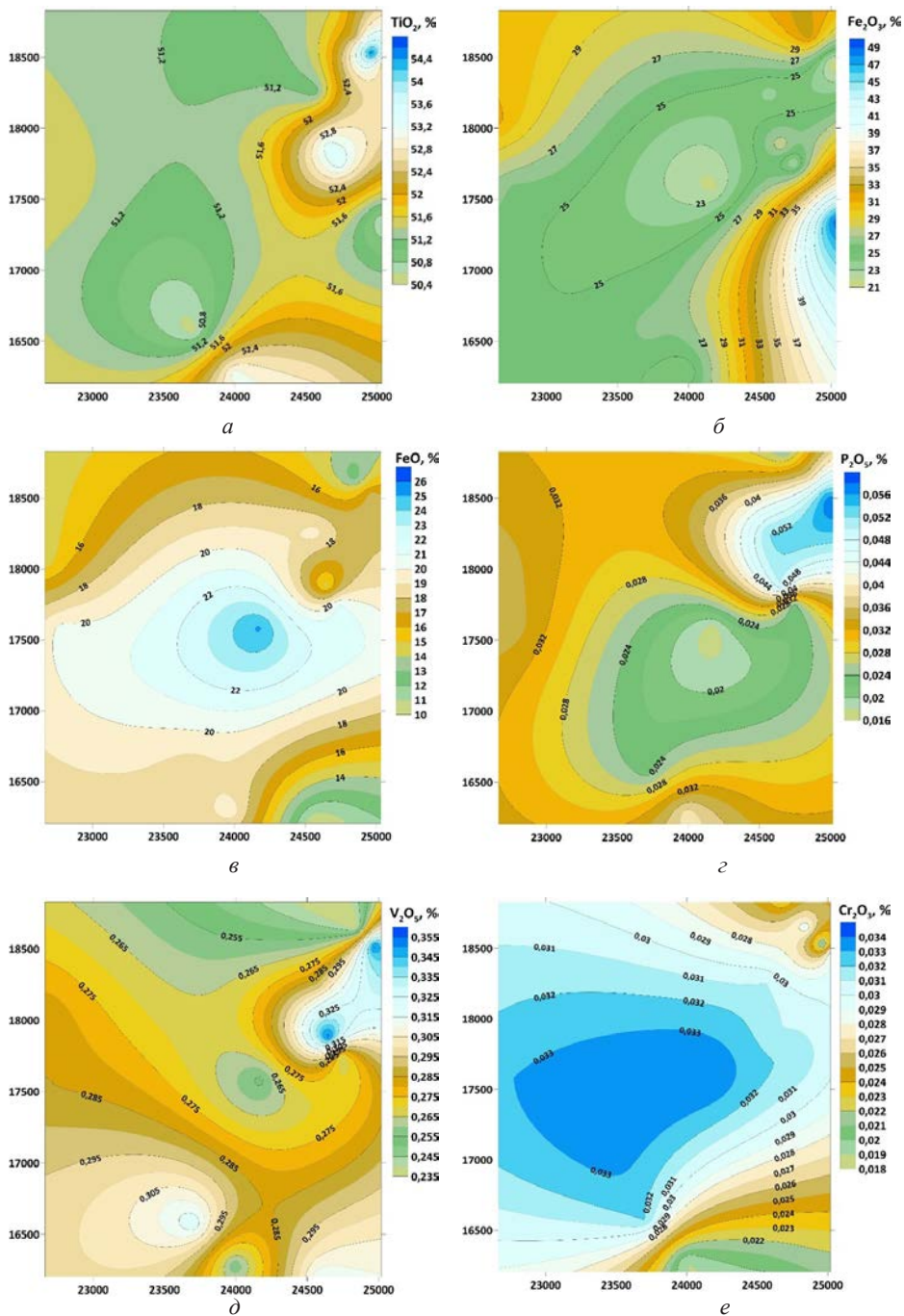


Рис. 5. Латеральний розподіл ільменіту в пісках каоліністих середньої юри – нижньої крейди з різним вмістом оксидів:  $\text{TiO}_2$  (*a*),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (*б*),  $\text{FeO}$  (*в*),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (*г*),  $\text{V}_2\text{O}_5$  (*д*),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (*е*)



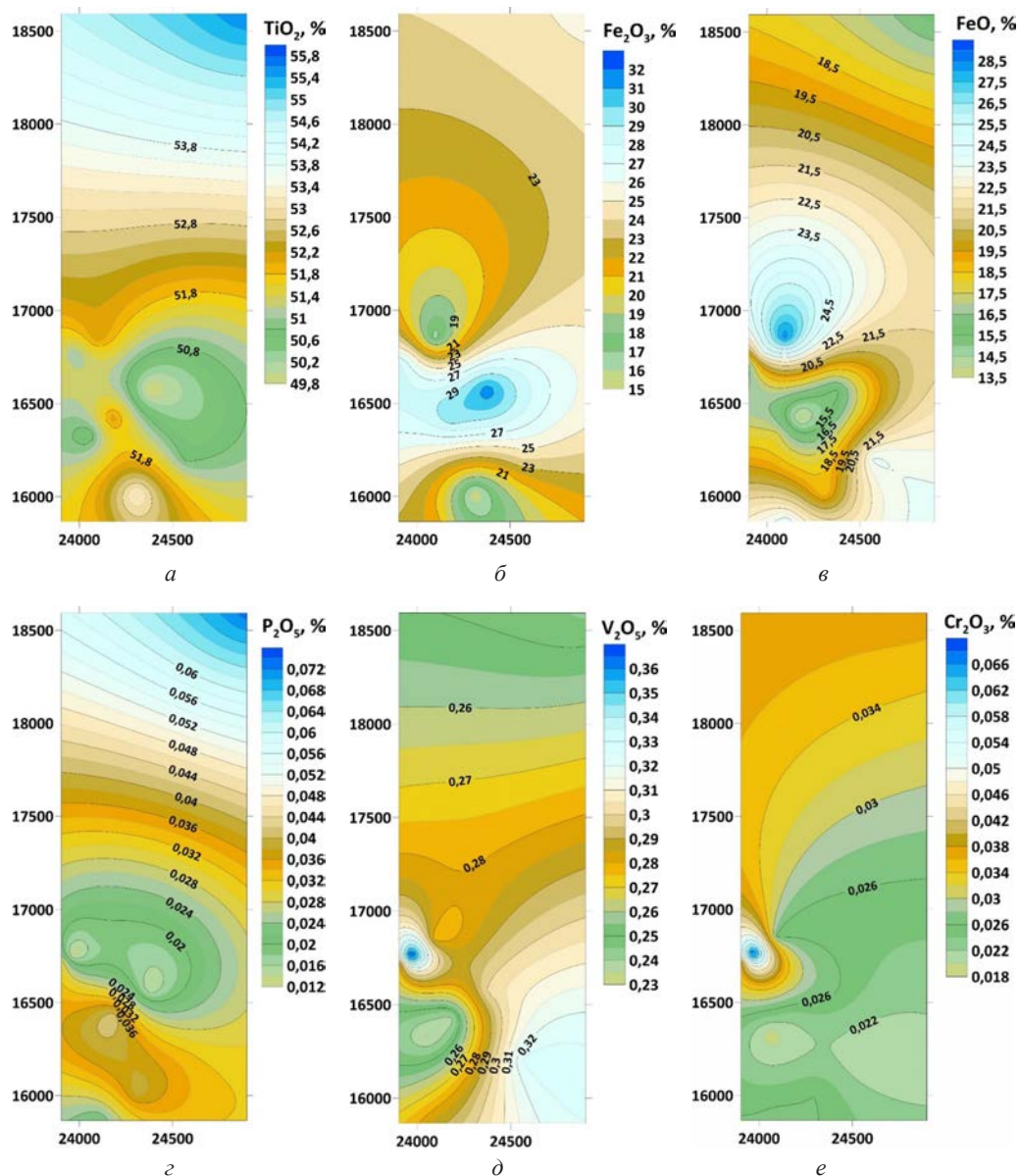


Рис. 6. Латеральний розподіл ільменіту в перевідкладених каолінах середньої юри – нижньої крейди з різним вмістом оксидів:  $TiO_2$  (а),  $Fe_2O_3$  (б),  $FeO$  (в),  $P_2O_5$  (г),  $V_2O_5$  (д),  $Cr_2O_3$  (е)

Використовуючи результати опробування свердловин і хімічного аналізу ільменіту нами простежено зміну ільменіту з різним вмістом оксидів титану, окисного й закисного заліза та відношення  $FeO / Fe_2O_3$  у вертикальному перетині свердловин. Найбільш типові колонки представлені на рис. 8.

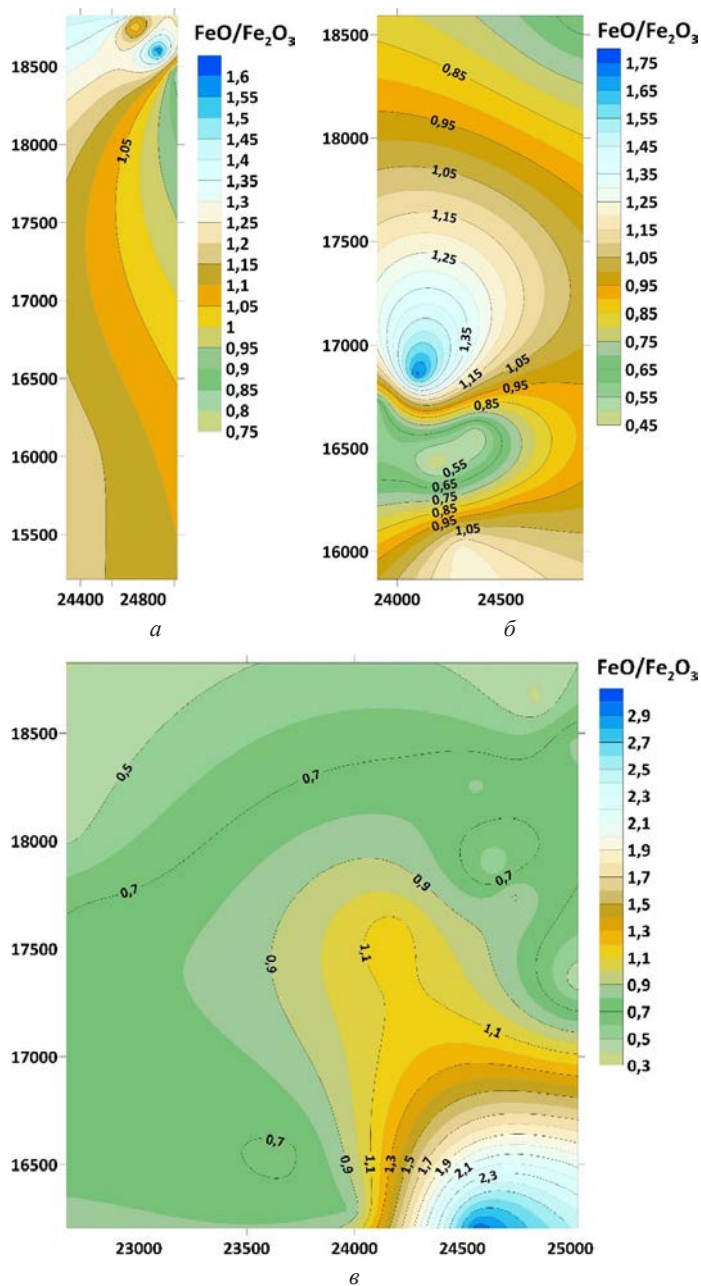


Рис. 7. Латеральний розподіл ільменіту в елювії (а),  
перевідкладених каолінах (б) і пісках (в) середньої юри – нижньої  
крейди з різним відношенням FeO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

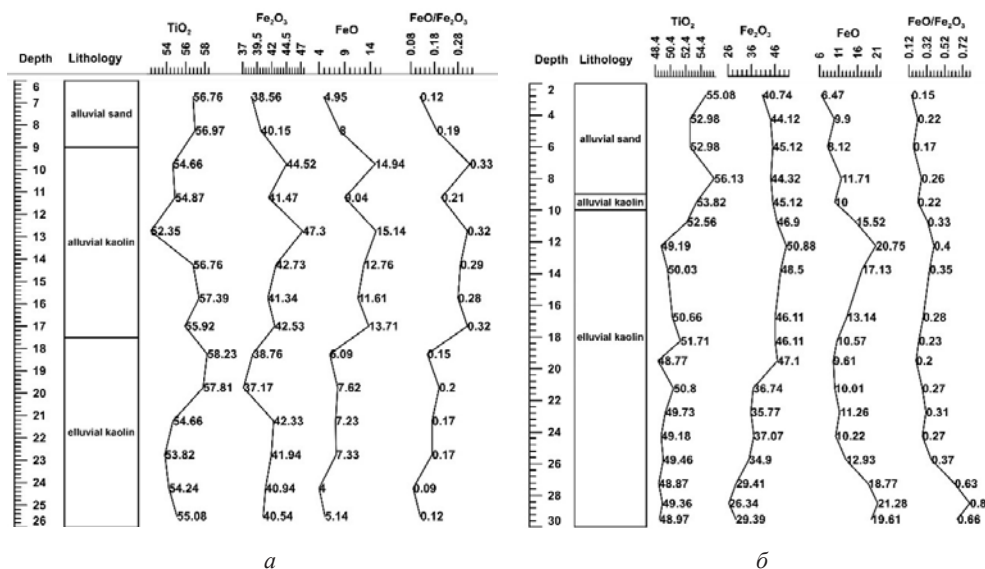


Рис. 8. Розподіл вмісту оксидів титану, окисного й закисного заліза та відношення  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  в ільменіті у вертикальному перетині свердловин: № 664/460 (а), № 683/316 (б)

Слід зазначити, що в більшості досліджених свердловин у вертикальному їх перетині наявний обернений сильний кореляційний зв'язок між вмістом ільменіту і його розміром (до  $-0,99$ ) незалежно від генезису й літологічного складу відкладів. З'ясовано, що у вертикальному перетині свердловин обернений сильний кореляційний зв'язок часто наявний між вмістом в ільменіті  $\text{TiO}_2$  і  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (до  $-0,89$ ) з кори вивітрювання та відкладів середньої юри – нижньої крейди, а також прямий сильний кореляційний зв'язок між вмістом в ільменіті  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{FeO}$  (до  $+0,89$ ) з кори вивітрювання та делювіально-алювіальних утворень.

**Висновки.** Рудоносними в межах Тростяницького родовища ільменіту є різновіковими й різногенетичними утвореннями, представлені просторово-парагенетичним рядом: корою вивітрювання кристалічних порід фундаменту та середньоюрсько-нижньокрейдовими делювіально-алювіальними відкладами (пісками каоліністими й перевідкладеними каолінами піщанистими).

Рудоносність кори вивітрювання обумовлена рудоносністю кристалічних порід фундаменту, завдяки яким вона утворилася, а рудоносність середньоюрсько-нижньокрейдових відкладів – рудоносністю кори вивітрювання, фаціальними умовами утворення й іноді рельєфом поверхні елювіальних утворень.

Для кори вивітрювання та делювіально-алювіальних утворень, які разом становлять продуктивні відклади, притаманні значні перепади висот їх покрівлі й підшви. Зокрема, перепад висот поверхні кори вивітрювання становить 29,58 м, перепад висот підшви – 39,44 м, перепад висот поверхні делювіально-алювіальних відкладів – 27,95 м, перепад висот підшви – 29,58 м. Товщина кори вивітрювання становить 0,5–27,5 м; делювіально-алювіальних відкладів – 0,5–20,0 м.

Латеральний розподіл товщини кори вивітрювання нерівномірний, із локальними ділянками її збільшення чи збільшення; нерівномірним є і латеральний розподіл середнього вмісту ільменіту з локальними ділянками його підвищеного та пониженого вмісту. Між товщиною елювію і вмістом ільменіту кореляційний зв'язок відсутній. Латеральний розподіл товщини середньоюрсько-нижньокрейдових відкладів більш-менш рівномірний, із незначними локальними ділянками її збільшення, натомість латеральний розподіл

середнього вмісту в них ільменіту нерівномірний. Між товщиною алювію і вмістом ільменіту кореляційний зв'язок змінюється від прямого дуже слабкого до прямого помірного.

Вміст ільменіту в корі вивітрювання – до 423,9 кг/м<sup>3</sup>; у делювіально-алювіальних утвореннях – до 523,2 кг/м<sup>3</sup>. Ільменіт в корі вивітрювання майже не змінений, натомість у флювіальних утвореннях він має різний ступінь лейкоксенізації. Середній розмір ільменіту змінюється від 0,52 мм у корі вивітрювання до 0,44 мм – у флювіальних континентальних утвореннях. У більшості досліджених свердловин у вертикальному їх перетині наявний обернений сильний кореляційний зв'язок між вмістом ільменіту і його розміром незалежно від генезису й літологічного складу відкладів.

Найменший і найбільший вміст TiO<sub>2</sub> діагностовано в ільменіті з кори вивітрювання – 49,35–57,0 %. Корисними домішками в ільменіті з продуктивних відкладів є оксиди ванадію і скандію, вмісти яких до 0,37 % і 0,029 % відповідно. Вміст оксиду хрому в ільменіті – 0,01–0,08 % (найвищий в ільменіті з перевідкладених каолінів). Шкідливою домішкою в ільменіті є наявність P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, вміст якого становить 0,01–0,07 %. Найбільший вміст Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (49,09 %) та відношення FeO / Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,97) діагностовано в ільменіті з піщаних відкладів середньої юри – нижньої крейди.

Найбільш значущі кореляційні зв'язки діагностованих оксидів в ільменіті такі:

- прямий сильний кореляційний зв'язок існує між оксидами Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (елювій) та TiO<sub>2</sub> і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (перевідкладені каоліни);
- обернений сильний – між Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і FeO й FeO і TiO<sub>2</sub> (елювій) і між Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і FeO (перевідкладені каоліни);
- прямий середній кореляційний зв'язок існує між P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (піщані відклади) та між V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> й FeO і V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (перевідкладені каоліни);
- обернений середній – між TiO<sub>2</sub> і V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> й FeO і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (елювій), між TiO<sub>2</sub> і Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (піщані відклади) та між P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> й FeO і P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (перевідкладені каоліни).

Ділянки латерального поширення ільменіту з різним вмістом оксидів в елювії, піщаних і глинистих делювіально-алювіальних утвореннях більш-менш просторово збігаються лише для показника вмісту оксиду титану в мінералі. Оскільки внаслідок розмиву кори вивітрювання ільменіт переносився на різні відстані й нагромаджувався в різних літофаціях за делювіальних, алювіальних і делювіально-алювіальних фаціальних умов, його просторовий зв'язок з елювієм певних петротипів порід фундаменту втрачався, що знайшло своє відображення в просторовому розподілі ільменіту з різним вмістом оксидів у континентальних відкладах середньої юри – нижньої крейди.

Отримані результати, що відображають латеральний розподіл товщини, середнього вмісту і якісних показників хімічного складу ільменіту, є інформаційною основою для наукового супроводу експлуатаційних робіт на Тростяницькому родовищі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальчук М. С. Геолого-генетичні моделі рудоносних кір вивітрювання та продуктів їх розмиву і перевідкладення. *Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні* : збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка (м. Київ, 14–16 травня 2019 р). Київ : НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. 2019. Т. 2. С. 53–54.
2. Михайлов В. А. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість : монографія. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2023. 371 с.
3. Фігура Л. А., Ковальчук М. С. Рудоносність Осинової ділянки Межирічного родовища титанових руд. *Геохімія та рудоутворення*. Київ, 2022. Вип. 43. С. 59–73. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.059>.



4. Фігура Л. А., Ковальчук М. С. Геологічна будова та рудоносність Юрської ділянки Межирічного родовища титанових руд. *Мінералогічний журнал*. Київ, 2023. Вип. 45, № 4. С. 100–117. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.04.100>.
5. Ganzha O., Okholina T., Kroshko Yu., Kuzmanenko H., Kovalchuk, M. Structural and Lithological Models of Ilmenite Placer Deposits in Ukraine. *Anuário do Instituto de Geociências*, 2023. 46:55949. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2023\\_46\\_55949](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_55949).

## REFERENCES

1. Kovalchuk, M.S. (2019). Heoloho-henetychni modeli rudonosnykh kir vyvitriuvannia ta produktiv yikh rozmyvu i perevidkladennia [Geological and genetic models of weathering of ore-bearing crusts and products of their erosion and redeposition] *Zdobutky i perspektyvy rozvytku heolohichnoi nauky v Ukraini: zbirnyk tez naukovoi konferentsii, prysviachenoï 50-richchiu Instytutu heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia imeni M.P. Semenka (Kyiv, 14–16 travnia 2019)*. Kyiv: NAN Ukrainy, In-t heokhimii, mineralohii ta rudoutvorennia im. M.P. Semenka. Vol. 2. 53–54 [in Ukrainian].
2. Mykhailov, V.A. (2023). *Stratehichni korysni kopalyny Ukrainy ta yikhnia investytsiina pryvabyvist [Strategic minerals of Ukraine and their investment attractiveness]* Kyiv: VPTs “Kyivskiy universytet”. 371 [in Ukrainian].
3. Figura, L.A., & Kovalchuk, M.S. (2022). Rudonosnist Osynovoi dilianky Mezhyrichnoho rodovyscha tytanovykh rud [Ore-bearing of the Osynova area of the Mezhyrichne deposit of titanium ores]. *Heokhimiia ta rudoutvorennia – Geochemistry and ore formation*. Vol. 43. 59–73. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.059> [in Ukrainian].
4. Figura, L.A., & Kovalchuk, M.S. (2023). Heolohichna budova ta rudonosnist Yurskoi dilianky Mezhyrichnoho rodovyscha tytanovykh rud [Geological structure and ore bearing of the Yurska area of the Mezhyrichny titanium ore deposit]. *Mineralohichnyi zhurnal – Mineralogical journal*. Vol. 45, № 4. 100–117. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.04.100> [in Ukrainian].
5. Ganzha, O., Okholina, T., Kroshko, Yu., Kuzmanenko, H. & Kovalchuk, M. (2023). Structural and Lithological Models of Ilmenite Placer Deposits in Ukraine. *Anuário do Instituto de Geociências*, 46:55949. [https://doi.org/10.11137/1982-3908\\_2023\\_46\\_55949](https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_55949) [in English].

Стаття надійшла до редакції 27.05.2024

Стаття прийнята до друку 24.06.2024

## ILMENITE-BEARING CAPACITY OF PRODUCTIVE SEDIMENTS AND QUALITY PARAMETERS OF ILMENITE OF THE TROSTYANYTSKY TITANIUM ORE DEPOSIT

**Myron Kovalchuk, Liubow Figura**

*kms1964@ukr.net, liuba\_figura@ukr.net*

*Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,*

*55 b, O. Honchar St., Kyiv, Ukraine, 01601*

The article presents brief information on the geological structure of the Trostyanytsky ilmenite deposit, which is located in the northern part of the Volodarsk-Volyn massif of rocks of the main composition of the Korosten pluton. Within the deposit, ilmenite deposits are localized in the weathered crust of the basement crystalline rocks and in the products of its erosion and redeposition – unbroken Middle Jurassic – Lower Cretaceous continental fluvial (deluvial-alluvial) sediments, which are represented by kaolin sands and redeposited kaolins. Deluvial-alluvial sediments with erosion overlie the weathering

crust of the bedrock and fill the buried valley-like depression between the Irsha and Trostianytsia rivers. The weathering crust served as a dam and intermediate reservoir for deluvial-alluvial deposits and alluvial minerals, including ilmenite. Based on the coordinates of the boreholes, their descriptions, and testing results, we created cartographic constructions that were used to study the lateral distribution of the thickness of the weathering crust and deluvial-alluvial deposits of the Middle Jurassic – Lower Cretaceous and the lateral distribution of the average ilmenite content in these sedimentary formations. Information on the morphology, granulometry, and chemical composition of ilmenite from eluvium and deluvial-alluvial sediments is presented. Based on the results of chemical analysis of ilmenite, the lateral distribution of ilmenite with different contents of titanium, iron, phosphorus, vanadium, and chromium oxides in weathering crust, sandy and clayey lithofacies of the Middle Jurassic – Lower Cretaceous is investigated. The lateral distribution of ilmenite with different  $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  ratios in eluvium, redeposited kaolins, and sands of the Middle Jurassic–Lower Cretaceous was studied. The direction and strength of correlations between these oxides in ilmenite from weathering crust, sandy and clay lithofacies of the Middle Jurassic – Lower Cretaceous were studied. The vertical distribution of ilmenite with different contents of  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , and  $\text{FeO}$  in the vertical section of the boreholes was studied. The obtained results allow us to specify the areas of maximum and minimum thickness of productive formations; areas of increased and decreased average ilmenite content within the deposit; spatial distribution of ilmenite with certain quality parameters in eluvium and deluvial-alluvial deposits of the Middle Jurassic – Lower Cretaceous; to find out the correlations between the content of various oxides in ilmenite.

*Key words:* Korosten pluton, Trostianytske deposit, weathering crust, deluvial-alluvial Middle Jurassic – Lower Cretaceous sediments, ilmenite, lateral distribution of ilmenite content, oxide content in ilmenite, spatial distribution of ilmenite with different oxide content.