

УДК 553.3:311(477)

РУДОНОСНІСТЬ ВОРОНІВСЬКОЇ, ВОЛКІВСЬКОЇ, НОСАЧІВСЬКОЇ ДІЛЯНОК ФОСФАТНО-ТИТАНОВИХ РУД КОРСУНЬ-НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ПЛУТОНУ ТА ПРОСТОРОВЕ ПОШИРЕННЯ ІЛЬМЕНІТУ В ЇХНІЙ КОРІ ЗВІТРЮВАННЯ

Юлія Крошко, канд. геол. наук, ст. наук. співробітник відділу літології
ykrosh.79@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57224881975>

Мирон Ковальчук, д-р геол. наук, проф., зав. відділу літології
kms1964@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56358899000>
Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олеся Гончара, 55б, Київ, Україна, 01601

Наведено відомості щодо фосфатно-титанової рудоносності кристалічних порід фундаменту Воронівської, Волківської, Носачівської, Тернівської ділянок та ільменітоносності їхньої кори звітрювання. Ділянки розташовані в центральній частині Корсунь-Новомиргородського плутону: у межах Городищенського, Смілянського, Тернівського габро-анортозитових масивів. На підставі атрибутивної бази даних, яка охоплює координати свердлових, їхній опис і результати опробування, створено картографічні побудови (карти, колонки), які відображають рельєф покрівлі, підосви, товщину кори звітрювання латеральне поширення середнього вмісту ільменіту в корі звітрювання та вертикальний розподіл його вмісту у свердловинах зазначених рудопроявів титанових руд. Досліджено напрям і силу кореляційних зв'язків у корі звітрювання між рельєфом покрівлі й підосви, рельєфом покрівлі (підосви) і товщиною елювію, рельєфом покрівлі (підосви) і середнім вмістом ільменіту в елювії, товщиною елювію та середнім вмістом ільменіту. На підставі показників, що їх отримали геологи-виробничники під час розшукових і розшуково-оцінювальних робіт на території Воронівської, Волківської, Носачівської та Тернівської ділянок, ми виконали рейтингову оцінку фосфатно-титанових руд у породах фундаменту. За результатами оцінки ділянки розмістилися в такому порядку (від вищої до нижчої рейтингової оцінки): Носачівська (Носачівське родовище), Воронівська, з однаковою рейтинговою оцінкою Волківська й Тернівська. На підставі структурно-речовинних показників кори звітрювання (середня глибина залягання й товщина рудних пластів; середньозважений вміст ільменіту; вміст TiO_2 в ільменіті; площа прогнозу; прогнозні ресурси TiO_2) проведено рейтингову оцінку досліджених об'єктів. За результатами рейтингової оцінки (від нижчої до вищої) рудопрояви титанових руд у корі звітрювання розмістилися в такому порядку: Тернівський, Носачівський, Волківський і Воронівський з однаковою рейтинговою оцінкою. У сукупності породи фундаменту та кора звітрювання в межах досліджених ділянок

володіють значним ресурсним потенціалом і після геологічного довивчення можуть становити практичний інтерес.

Ключові слова: фосфатно-титанові руди, ільменіт, Корсунь-Новомиргородський плутон, Воронівський, Волківський, Носачівський, Тернівський рудопрояви, кора звітрювання, кореляційний аналіз, рейтингова оцінка.

DOI <https://doi.org/10.30970/min.75.04>

Постановка проблеми. Корсунь-Новомиргородський плутон розташований серед гнейсів і сланців інгуло-інгулецької серії, гранітів та мігматитів кіровоградсько-житомирського комплексу. Плутон утворює склепінчасто-брилове підняття в осьовій частині Інгульського мегаблока. Провідною рудною формацією Корсунь-Новомиргородського плутону є фосфатно-титанова формація в габро-анортозитах. Найбільший вміст ільменіту серед порід формації діагностовано в габроїдах. Найвідомішими є Носачівське родовище та Межиріцький, Руськополянський, Воронівський, Цвітківський, Південно-Цвітківський, Калинівський, Волківський, Тернівський, Північно-Західний, Костянтинівський, Новомиргородський, Покровський, Канізький, Аврамівський рудопрояви фосфатно-титанових руд у кристалічних породах фундаменту [3].

Протягом юри та ранньої крейди кристалічні породи фундаменту зазнали звітрювання, унаслідок якого утворилася кора звітрювання площевого типу з елементами лінійності в зонах підвищеної тріщинуватості порід. Для кори звітрювання також характерна фосфатно-титанова рудоносність. Зазвичай розподіл ільменіту в корі звітрювання загалом відповідає такому в материнських породах. Найвідомішими об'єктами кори звітрювання є Західне й Аврамівське родовища, Межиріцький, Смілянський, Воронівський, Волківський, Тернівський, Носачівський рудопрояви [2; 3]. Починаючи з ранньої крейди, кора звітрювання неодноразово зазнавала розмивання та слугувала матеріалом для утворення різновікових і різногенетичних розсипів, серед яких найбільш значущими є апт-нижньоальбські, верхньоальбські, середньоєоценові та четвертинні. Найвідомішими розсипними об'єктами фосфатно-титанових руд є Бирзулівське, Андріївське, Валуївське, Лікарівське, Новомиргородське, Аврамівське родовища [2; 3].

Ми досліджували фосфатно-титанову рудоносність у південній частині Корсунь-Новомиргородського плутону (Новомиргородський, Канізький масиви), де просторово суміщені різновікові й різногенетичні формаційні одиниці (кристалічного фундаменту, кори звітрювання і розсипів), які в сукупності роблять такі об'єкти інвестиційно привабливими [3].

Зважаючи на необхідність забезпечення України титановою сировиною, яка має стратегічне значення для обороноздатності й економіки країни, потрібно нарощувати мінерально-сировинну базу титану за рахунок тих формаційних одиниць, з яких поки що в Україні фосфатно-титанові руди не видобувають (корінні породи) або видобувають частково (кори звітрювання) під час розробки розсипних родовищ.

На наш погляд, значні перспективи пов'язані з наразі недостатньо дослідженими об'єктами – породами кристалічного фундаменту, корама звітрювання, які зосереджені в межах Городищенського, Носачівського, Смілянського, Тернівського масивів у центральній частині Корсунь-Новомиргородського плутону; по них геологи-виробничники виконали підрахунки прогнозних ресурсів ільменіту. До таких об'єктів належать Воронівський, Волківський, Носачівський, Тернівський, які в зазначеній послідовності утворюють смугу західно-східного простягання в центральній частині Корсунь-Новомиргородського плутону (рис. 1).



Рис. 1. Геологічна карто-схема району досліджень (Флоре, 2005)

Аналіз досліджень. Корсунь-Новомиргородський плутон схарактеризовано в низці загальних тематичних робіт, виконаних протягом 1972–1993 рр. (Дусяцький, 1974; Войновський, 1977; Колосовская, 1981; Коломиец, 1982, 1990; Лепигов, 1982; Тарасенко, 1990; Шкуренько, 1993). На підставі узагальнення й аналізу значного фактичного матеріалу складено геологічні, геофізичні, геохімічні, металогенічні карти, проведено районування території, виокремлено перспективні райони, зони, поля, схарактеризовано основні рудні формації (фосфатно-титанову, золото-кварц-сульфідну, рідкіснометалеву), визначено основні прогностні й розшукові критерії та ознаки кожної формації.

Протягом 1980–1984 рр. у процесі робіт з глибинного геологічного картування масштабу менше за 1:200 000 (керівники О. Воробей і Г. Коломієць) виявлено й оцінено прояви ільменіту в габро-анортозитових масивах (Межиріцький, Носачівський, Тернівський, Городищенський) та в корі звітрювання габроїдів (Воронівський, Смілянський, Носачівський, Волківський, Тернівський прояви) центральної та північної частин Корсунь-Новомиргородського плутону.

У 1985–1987 рр. в Інституті мінеральних ресурсів виконано роботи (керівник В. Тарасенко), завдяки яким габро-анортозитові масиви Корсунь-Новомиргородського плутону визнано високоперспективними на виявлення геолого-промислових типів фосфатно-титанових руд. Також було виконано геолого-технологічну оцінку з підрахунком прогностичних ресурсів TiO_2 і P_2O_5 за категорією P_3 низки перспективних фосфатно-титанових об'єктів – Волківського, Воронівського та Носачівського. Узагальнення та переінтерпретацію

геолого-геофізичних матеріалів стосовно Корсунь-Новомиргородського плутону для прогнозування й розшуків корінних родовищ фосфатно-титанових руд виконано протягом 1991–1993 рр.

Протягом 1990–1996 рр. у межах Носачівської ділянки провадили розшуково-оцінні роботи на корінні фосфатно-титанові руди. За результатами цих робіт уточнено межі Носачівського родовища, досліджено розподіл корисного компонента, для рудних покладів оцінено запаси TiO_2 і P_2O_5 за категорією C_2 та сумарні перспективні ресурси за категорією P_1 . Висока якість та хороші технологічні показники збагачення руд дали підстави рекомендувати Носачівське родовище для подальшого вивчення і промислового освоєння [4].

У 2009 р. С. Кривдік зі співавт. дослідив речовинний склад Носачівського апатит-ільменітового родовища. Отримані результати засвідчили розшаровану природу рудоносних габроїдів і кумулятивне походження багатих ільменітових руд [1].

Мета наших досліджень – узагальнити наявний матеріал щодо фосфатно-титанової рудоносності порід фундаменту Воронівської, Волківської, Носачівської, Тернівської ділянок і дослідити просторове поширення ільменіту в однойменних рудопроявах кори звітрювання цих ділянок.

Методико-методологічною основою досліджень є напрацювання авторів щодо дослідження просторового поширення ільменіту, апатиту, циркону, рутилу в корах звітрювання та різновікових і різногенетичних розсипах Новомиргородського й Канізького масивів Корсунь-Новомиргородського плутону [2; 3]. Фактичним матеріалом для досліджень були такі виробничі звіти: *Воробей О. І., Коломієць Г. Д.* Звіт про глибинне геологічне картування масштабу менше 1:200 000 території аркушів М-36-XX (пд.п.), М-36-XXVI (пн.п.) за 1980–1984 рр. Черкаси, 1984; *Шкуренко І. Е.* Узагальнення і переінтерпретація геолого-геофізичних матеріалів по Корсунь-Новомиргородському плутону з метою прогнозу і пошуків корінних родовищ фосфатно-цирконієвих руд. Київ, 1993; *Флоре Н.* Переоцінка перспективних та прогнозних ресурсів провідних типів корисних копалин, виявлених на території діяльності підприємства в результаті проведення геолого-зйомочних та пошукових робіт станом на 01.01.2001 року на площі М-36-XX-XXV, XXVI, XXVII, XXXII, XXXIII та в межах центральної і північно-західної частин Дніпровського буровугільного басейну. Черкаси, 2005.

Картографічні побудови виконано з використанням програмного забезпечення *Golden Software Strater*, *Golden Software Surfer*, кореляційний аналіз – *Statistica*.

Виклад основного матеріалу. *Воронівський прояв* фосфатно-титанової мінералізації в кристалічних породах розташований у східній ендоконтактовій частині Городищенського масиву основних порід. У геологічній будові прояву беруть участь габронорити й перешаровані з ними плагіоклазові перидотити. За даними С. Металіди, вміст TiO_2 в габроноритах коливається від 3,6 до 7,4 %, P_2O_5 – від 1,85 до 2,48 %. Зерна ільменіту розміром 0,1–3,2 мм, які утворюють вкраплення в породі, мають таблитчасту, нерівну, округлу форму. Агрегати зерен ільменіту іноді оточені облямівкою біотиту. В асоціації з ільменітом є апатит, представлений дрібними короткопризматичними кристали розміром (0,05–0,10) × (0,10–0,25) мм. Середньозважений вміст TiO_2 в породі становить 4,4 %, P_2O_5 – 0,39 %. Іноді в густовкрапленому зруденінні вміст TiO_2 досягає 9,5 %. Середня товщина продуктивної товщі – 166 м. Прогнозні ресурси TiO_2 за категорією P_2 становлять 13,7 млн т, P_2O_5 – 1,2 млн т до глибини 300 м.

Унаслідок звітрювання порід фундаменту утворилася рудоносна кора звітрювання. Зокрема, Воронівський рудопрояв фосфатно-титанових руд у корі вивітрювання розташований у південно-західній частині Городищенського габро-анортозитового масиву (поблизу сіл Воронівка, Петропавлівка і м. Городище). Речовинний склад кори звітрювання

такий, %: монтморилоніт + каолініт – 92–95, карбонати – 2–3, гідрослюда – 1–3, рудні мінерали – 2,5; вміст апатиту досягає 6 кг/м^3 . За даними глибинного геологічного картування, вміст ільменіту в корі звітрювання становить $30,040\text{--}209,012 \text{ кг/м}^3$. Середньозважений вміст ільменіту в елювії – від 40,69 до $111,11 \text{ кг/м}^3$ (середнє значення – $59,38 \text{ кг/м}^3$). Середня товщина рудних інтервалів у свердловинах коливається від 1,0 до 11,8 м (середнє – 6,38 м). Товщина розкривних порід становить 21,5–48,0 м (середнє – 37,6 м).

З використанням координат свердловин, їхнього опису й результатів опробування ми створили атрибутивну базу даних, на підставі якої виконали певні картографічні побудови (рис. 2). Вони відображають рельєф покрівлі, підосви, товщину кори звітрювання, латеральне поширення середнього вмісту ільменіту в корі звітрювання, а також колонки вертикального розподілу вмісту ільменіту в свердловинах (рис. 3).

Просторово рельєф підосви і поверхні елювію майже повністю збігаються (див. рис. 2, а, б).

Найбільші значення товщини кори звітрювання простягаються у вигляді смуги південно-західного – північно-східного простягання (див. рис. 2, в). Ділянки підвищеного середнього вмісту ільменіту поширені в південно-західній частині рудопроая (див. рис. 2, г) і лише частково просторово збігаються з ділянками найбільшої товщини елювію (див. рис. 2, в, г).

За допомогою кореляційного аналізу досліджено напрям і силу кореляційних зв'язків у корі звітрювання між рельєфом покрівлі й підосви, рельєфом покрівлі / підосви та товщиною елювію, рельєфом покрівлі / підосви й середнім вмістом ільменіту в елювії, товщиною елювію та середнім вмістом ільменіту.

Визначено такі кореляційні зв'язки між цими: прямий – між рельєфом покрівлі й підосви прямий (+0,95), між рельєфом підосви та середнім вмістом ільменіту середній (+0,53), між рельєфом покрівлі й середнім вмістом ільменіту помірний (+0,42); між рельєфом підосви та товщиною елювію дуже слабкий (+0,18); між іншими показниками кореляційних зв'язків не виявлено.

Типовий розподіл вмісту ільменіту у вертикальному перерізі кори звітрювання Воронівського рудопроая представлено на рис. 3, а. Здебільшого в профілі кори звітрювання наявні два горизонти збагачення, приурочені до нижньої та верхньої його частин.

Волківська ділянка розташована в північно-західній частині Смілянського габро-анортозитового масиву (околиці с. Волківка). За даними І. Шкуренка, у геологічній будові ділянки беруть участь калішпатизовані габро-анортозити, лейкократові порфіроподібні габронорити, рудні олівіновмісні габронорити. У породах виявлені процеси сосюризації, хлоритизації, карбонатизації, подекуди амфіболізації й біотитизації. У зонах дроблення порід наявні кварцові андезиніти й монцоніти. Усім петротипам порід властиві високі значення залізистості (66,8–77,4 %), помірні – титанистості (16,2–27,2 %), знижені – співвідношення Ti/Mg .

Рудними є олівінові габронорити, крутоспадне тіло яких контролюване субширотною Тарасівською зоною розломів. У плані й у розрізі форма рудного тіла лінзоподібна. За даними С. Металіди, з ільменітом пов'язано 92,3 % усього TiO_2 , решта TiO_2 розпорошена в силікатах і титаномagnetиті. З апатитом у руді пов'язано 94,4 % P_2O_5 . Прогнозні ресурси TiO_2 оцінено в 9,7 млн т, P_2O_5 – 0,86 млн т. У рудних габроноритах діагностовано підвищений уміст ванадію і хрому.

Ільменітовий концентрат містить 49,22 % TiO_2 за вилучення з руди 76,8 % TiO_2 ; апатитовий концентрат містить 38,4 % P_2O_5 за вилучення 81,3 % P_2O_5 .

З корою звітрювання порід фундаменту пов'язаний Волківський рудопроая, який розташований поблизу с. Волківка й охоплює північну крайову зону Носачівського

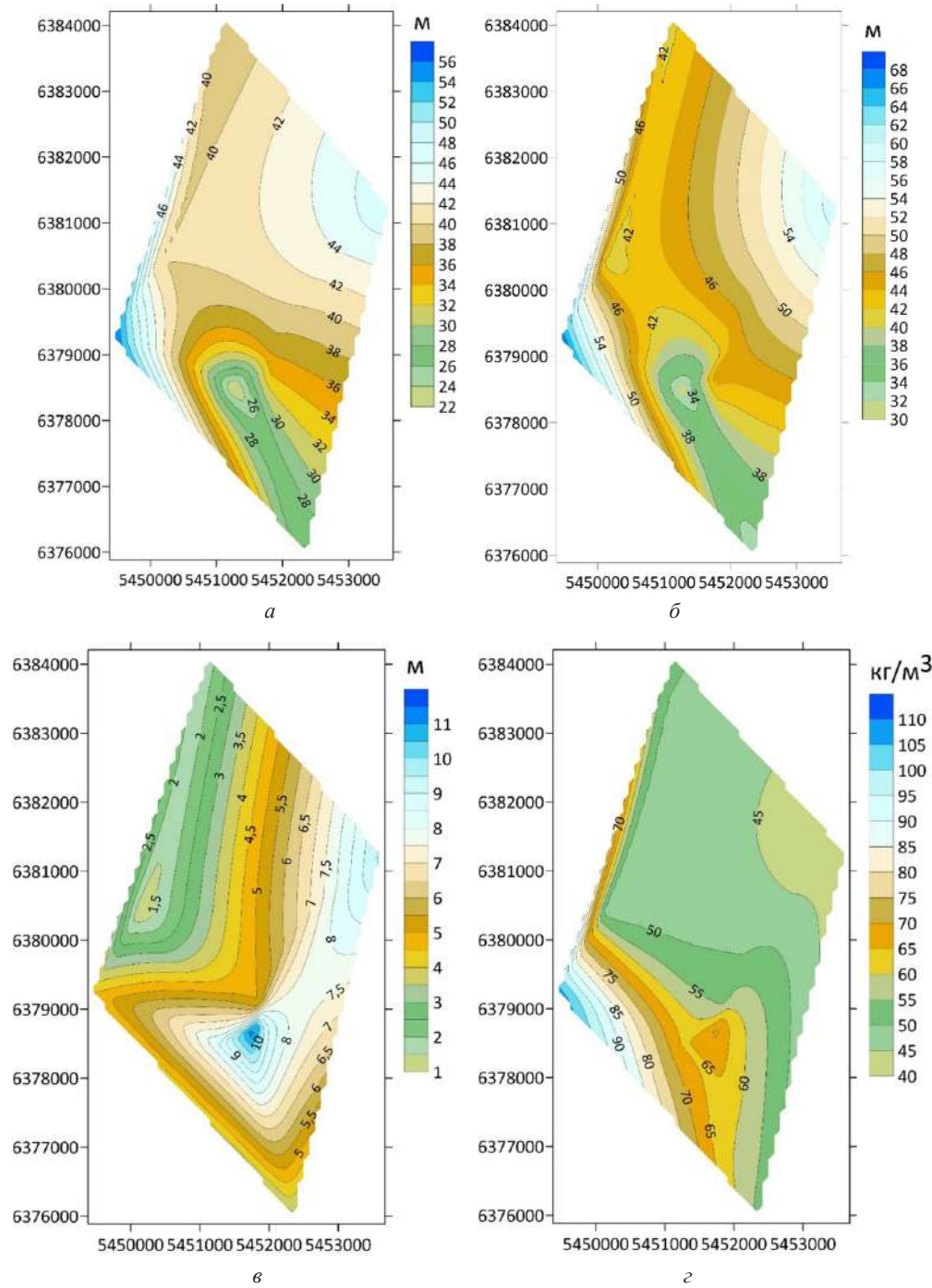


Рис. 2. Ізогіпси поверхні (*a*), підшови (*б*), ізопахіти товщини (*в*) кори звітрювання й ізогіпси середнього вмісту (кг/м³) у ній ільменіту (*г*) у межах Воронівського рудопрояву

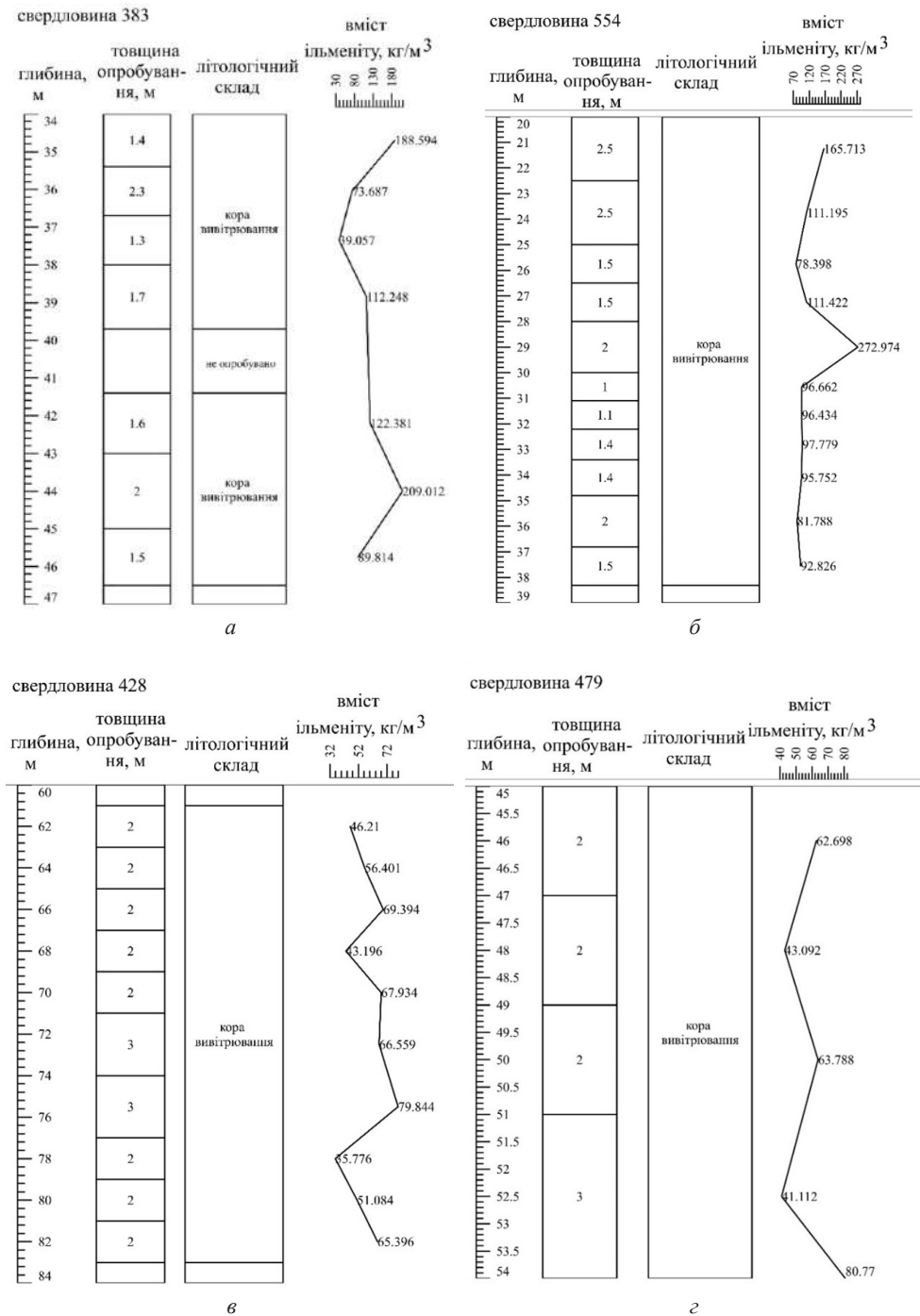


Рис. 3. Вертикальний розподіл вмісту (кг/м³) ільменіту в корі звітрювання рудопроявів Воронівський (а), Волківський (б), Носачівський (в), Тернівський (г)

габро-анортозитового масиву. Речовинний склад кори звітрювання такий, %: монтмори-лоніт + каолініт – 90, карбонати – 5,7, рудні мінерали – 3–4, гідрослюда – 1. За даними О. Воробей та ін., вміст ільменіту в корі звітрювання габро, габромонцонітів і габро-анортозитів коливається від 39,192 до 136,487 кг/м³. Середньозважений вміст ільменіту – 53,91–71,85 кг/м³ (середнє значення – 60,13 кг/м³). Середня товщина продуктивної товщі становить 2,5–18,5 м (середнє – 8,38 м). Середня глибина залягання продуктивного елювію – 19 м.

Просторово рельєф підшови й поверхні елювію цілком збігаються (рис. 4, а, б). Товщина кори звітрювання поступово зменшується в північно-східному напрямі (див. рис. 4, в). Ділянки підвищеного середнього вмісту ільменіту поширені в північно-східній частині рудопроаяву (див. рис. 4, г).

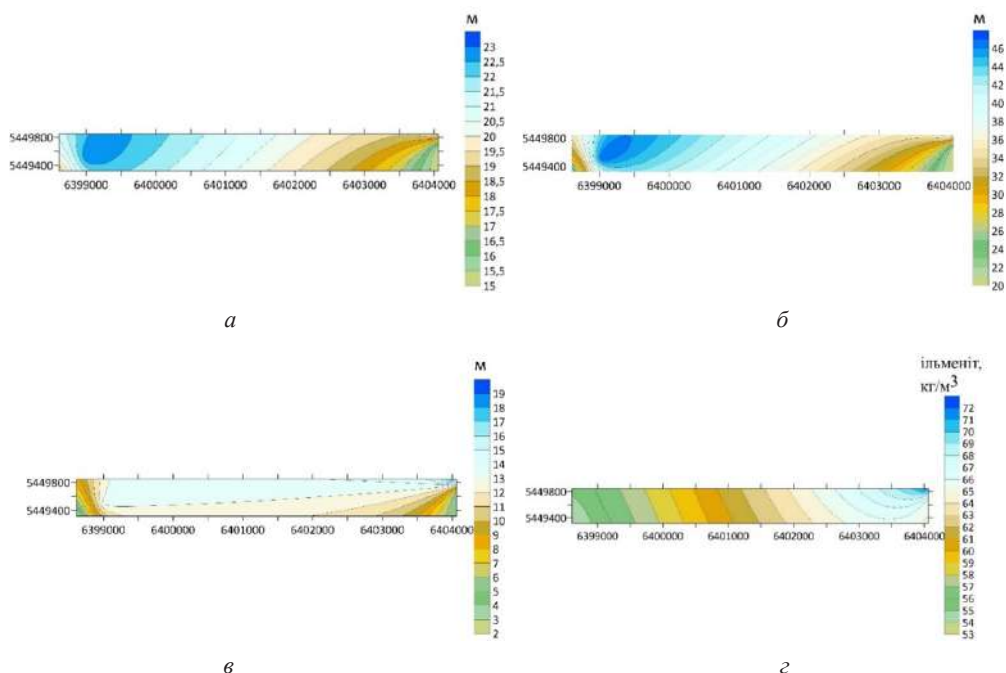


Рис. 4. Ізогіпси поверхні (а), підшови (б), ізопахіти товщини (в) кори звітрювання й ізогіпси середнього вмісту (кг/м³) у ній ільменіту (г) у межах Волківського рудопроаяву

Ділянки підвищеного середнього вмісту ільменіту частково просторово збігаються з ділянками підвищеної товщини елювію (див. рис. 4, в, г).

У корі звітрювання Волківського рудопроаяву визначено такі напрями й силу кореляційних зв'язків: прямий – між рельєфом покрівлі й підшови та між рельєфом підшови й товщиною елювію сильний (+0,87 та +0,83 відповідно), між товщиною елювію і середнім вмістом ільменіту та між рельєфом покрівлі й товщиною елювію середній (+0,56 та +0,58 відповідно); між рельєфом покрівлі й середнім вмістом ільменіту помірний обернений (–0,33); між рельєфом підшови елювію та середнім вмістом ільменіту кореляційного зв'язку не виявлено.

Типовий розподіл вмісту ільменіту у вертикальному перерізі кори звітрювання Волківського рудопроаяву представлено на рис. 3, б. Здебільшого в профілі кори звітрювання

наявний один горизонт збагачення, приурочений до середньої його частини, іноді наявні два – у середній і верхній частинах елювію (див. рис. 3, б).

Носачівська ділянка розташована в південній частині Смілянського габро-анортозитового масиву. За даними І. Шкуренка, у геологічній будові Носачівської ділянки переважають олівінові й безолівінові габронорити з моноклінним і ромбічним піроксенами; підлегле значення мають габромонзоніти, монзоніти, калішпатизовані та гранітизовані габро. Південна ендоконтактова частина складена головно лейкогаброноритами, габро-анортозитами, центральна частина – габроноритами. У північній ендоконтактової частині Носачівського тіла поширені ільменітовмісні меланократові олівінові габронорити.

За результатами розшукових і розшуково-оцінювальних робіт на фосфатно-титанові руди в породах фундаменту виявлено Носачівське родовище, яке генетично і просторово приурочене до однойменного масиву рудних норитів Носачівсько-Волківського рудного поля Корсунь-Новомиргородського плутону, а в структурному плані – до вузла перетину субширотної глибинної Тарасівської зони розломів із субмеридіональною Канівсько-Новомиргородською зоною [4].

За даними С. Металіді, глибина поширення покладу становить 420 м; найбільша вертикальна потужність покладу – у центральній частині, на флангах вона зменшується до 60 м. За даними О. Шкуренка, тут наявні ільменітові, апатит-ільменітові й апатитові руди, серед яких розрізняють бідні вкраплені, середньовкраплені, густовкраплені та масивні руди.

Олівінові габронорити складають Носачівську інтрузію габроїдів та є рудовміщувальними для збіднених вкраплених фосфатно-титанових руд з вмістом ільменіту < 10–12 %. Ільменіт наявний у вигляді округлих, полігональних, пластинчастих і видовжених зерен, апатит представлений дрібними округлими і більшими призматичними зернами. Розподіл цих мінералів у породі більш-менш рівномірний. Середній вміст у них TiO_2 становить 4–5 %, P_2O_5 – 1,8–2,5 %. Найбільший середній вміст апатиту виявлено в лужних різновидах порід. Бідні ільменітові руди з підвищеним вмістом апатиту містять підвищені концентрації Cu, TiO_2 , Bi, Be, Nb, Ce, Ag, Sr та дещо знижені – Mn, Cr, V, Pb, Ni, La, Sc.

Середні за вмістом ільменітові руди (розсіяні вкраплення ільменіту в кількості 12–20 %) наявні в габроноритах без олівіну або з поодинокими його зернами. Вони поширені в північній частині Носачівської інтрузії на всій її протяжності. Ільменіт наявний у вигляді округлих і пластинчастих зерен, апатит представлений призматичними зернами розміром $(0,1\text{--}0,4) \times (0,4\text{--}1,0)$ мм.

Багаті ільменітові руди (40–60 % ільменіту) в габроноритах розкриті свердловинами в північно-західній частині Носачівської інтрузії. Представлені вони нерівномірнотзернистими калішпатизованими габроноритами. Зерна ільменіту розміром 0,5–1,0 мм мають пластинчасту, іноді гантелеподібну форму. Також ільменіт утворює включення в піроксені, мікрокліні, апатиті, на межі зерен плагіоклазу, формує облямівки навколо плагіоклазу. У складі ільменіту виявлено такі оксиди (мас. %): MgO – до 2,00; V_2O_5 – 0,28–0,60; Nb_2O_5 – до 0,076; MnO – 0,10–0,60; вміст гематитового міналу в ньому або низький, або його зовсім немає [1].

Апатит наявний у вигляді окремих кристалів і зерен розміром $(1,0\text{--}3,5) \times (0,3\text{--}0,7)$ мм. За даними мікрозондового аналізу, це фториста відміна мінералу (вміст фтору – 2,92–3,66 мас. %) [1]. Вміст в апатиті TR_2O_3 зрідка перевищує 0,6–0,7 %, переважають церій та елементи церієвої групи, а вміст Y_2O_3 здебільшого становить 0,02–0,05 % [1]. За даними І. Шкуренка, вміст P_2O_5 у густовкраплених рудах досягає 0,35 %, у середньовкраплених – 0,41 %; у бідних ільменітових рудах та олівіновмісних габроноритах середній вміст P_2O_5 коливається від 0,45 до 2,16 %. Виявлено тісні зрощення та проростання апатиту ільменітом.

Геохімічні дослідження руд з умістом TiO_2 10–20 % та > 20 % (Шкуренко, 1993) дали змогу зробити такі висновки: зі зростанням вмісту TiO_2 у рудах знижується вміст P_2O_5 і зростає вміст більшості елементів, серед яких Mn, Cr, V, Ni, Mo, Zn, Ag; натомість Sc, Co, Ni, Cr, V, Mo, Zn, Y мають між собою прямий кореляційний зв'язок.

За даними геологічних звітів, у Носачівській інтрузії трапляються ксеноліти анортозитів і габро-анортозитів. Серед калішпатизованих габро-анортозитів та анортозитів є незначної товщини шари рудних габроноритів із густим вкрапленням ільменіту (TiO_2 – 26,05 %, P_2O_5 – 0,35 %). Такий ільменіт представлений великими округло-полігональними зернами, наявний призматичний апатит в асоціації з кальцитом, біотитом, хлоритом, сосюритом.

Прогнозні ресурси прояву за категорією P_1 такі: TiO_2 – 32,4 млн т, P_2O_5 – 7,6 млн т; V_2O_5 – 86,61 тис. т [4].

Зазначимо, що навколо Носачівської інтрузії габроноритів, а також на всіх ділянках, де є багате ільменітове зруденіння, наявний ореол графітової мінералізації.

Рудна фосфатно-титанова мінералізація міститься також у корі звітрювання кристалічних порід, утворюючи Носачівський рудопрояв. Він розташований у південній частині Смілянського габро-анортозитового масиву, південніше с. Носачів, у південному екзоконтакті Носачівського габро-анортозитового масиву, у Лукашівсько-Тимошівській зоні розломів. Речовинний склад елювію такий, %: монтморилоніт + каолініт – 82–88, кварц – 10–15, рудні мінерали – до 10, карбонати – 2–3. За даними глибинного геологічного картування, прогнозні ресурси ільменіту в елювії становлять 6,6 млн т. У корі звітрювання габро-анортозитів, габро й анортозитів середньозважений вміст ільменіту становить 32,519–59,546 кг/м³ (середнє значення – 44,262 кг/м³). Середня товщина продуктивної товщі елювію – 1,2–22,0 м (середнє – 5,7 м). Товщина розкривних порід – 31,5–85,0 м (середнє – 70,0 м).

Рельєф підосви елювію віддзеркалюється в рельєфі її поверхні (рис. 5, а, б). Найбільша товщина кори звітрювання в південно-східній частині рудопрояву (див. рис. 5, в). Найбільший середній вміст ільменіту притаманний північно-східній і південно-західній частинам рудопрояву (див. рис. 5, г). На ділянці найбільшої товщини елювію вміст ільменіту становить 40–45 кг/м³ (див. рис. 5, в, г).

За допомогою кореляційного аналізу в корі звітрювання Носачівського рудопрояву визначено такі напрями й силу кореляційних зв'язків: прямий – між рельєфом покрівлі й підосви сильний (+0,95), між товщиною елювію і середнім вмістом ільменіту помірний (+0,45); обернений – між рельєфом покрівлі й середнім вмістом ільменіту помірний (–0,36), між рельєфом підосви й середнім вмістом ільменіту та між рельєфом покрівлі й товщиною слабкий (–0,25 та –0,24 відповідно); між рельєфом підосви елювію і його товщиною кореляційного зв'язку не виявлено.

Типовий розподіл вмісту ільменіту у вертикальному перерізі кори звітрювання Носачівського рудопрояву представлено на рис. 3, в. У профілі кори звітрювання наявні три переважно нечітко виражені горизонти збагачення, приурочені до різних частин елювію.

Тернівський рудопрояв у корі звітрювання габро, габроноритів, габромонзонітів і габро-анортозитів розташований біля сіл Попівка і Тернівка в межах Тернівського габро-анортозитового масиву. Прогнозні ресурси сировини тут такі (Флоре, 2005), млн т: TiO_2 – 5,93; P_2O_5 – 1,45. Речовинний склад елювію, %: монтморилоніт + каолініт – 90–95, гідрохлорит – 3–5, рудні мінерали – 2–5.

У корах звітрювання габро, габроноритів, габромонзонітів і габро-анортозитів середньозважений вміст ільменіту становить 36,98–62,56 кг/м³ (середнє значення – 47,683 кг/м³) (Воробей, Коломієць, 1984). Потужність рудних інтервалів за свердловинами – від 1,0 до 9,9 м (середнє – 4,86 м). Товщина розкривних порід – 21,0–45,0 м (середнє – 34,0 м).

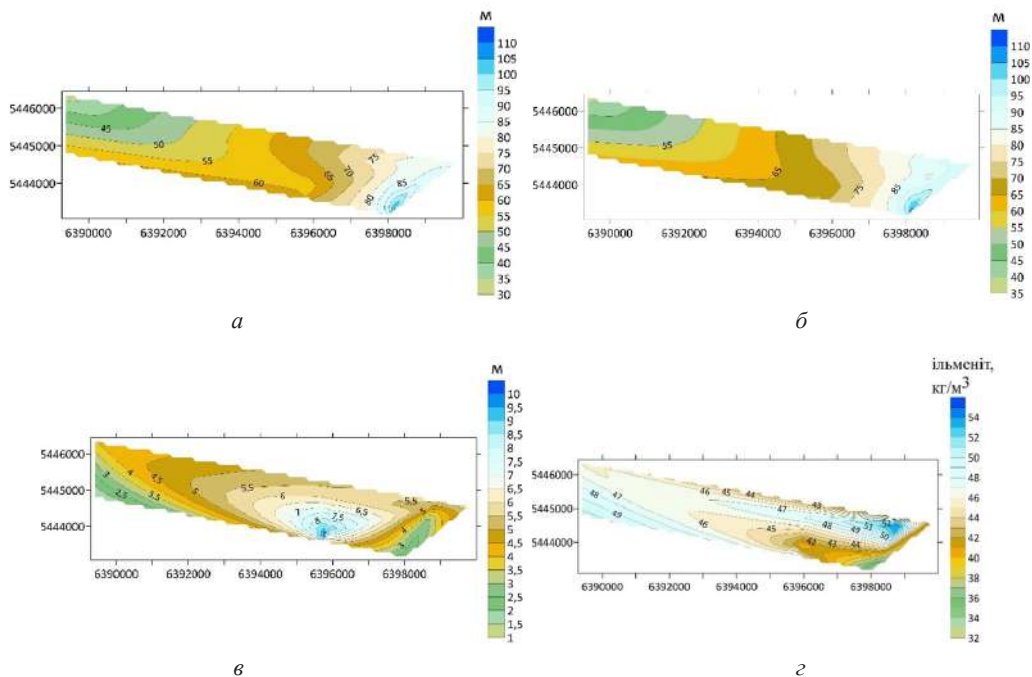


Рис. 5. Ізогіпси поверхні (а), підшови (б), ізопахіти товщини й ізогіпси середнього вмісту (кг/м³) у ній ільменіту (з) у межах Носачівського рудопояву

Рельєф підшови й покрівлі кори звітрювання подібні (рис. 6, а, б). Найбільшу товщину елювію виявлено в південно-західній частині рудопояву (див. рис. 6, в). Ділянки з найбільшим середнім вмістом ільменіту розташовані в південно-західній і північно-східній частинах рудопояву (див. рис. 6, з).

За допомогою кореляційного аналізу в корі звітрювання Тернівського прояву визначено такі напрями й силу кореляційних зв'язків: прямий – між рельєфом покрівлі й підшови сильний (+0,97), між товщиною елювію і середнім вмістом ільменіту та між рельєфом покрівлі й товщиною елювію середній (+0,65 та +0,55 відповідно); між рельєфом підшови й товщиною елювію помірний (+0,35); обернений – між рельєфом підшови та середнім вмістом ільменіту помірний (–0,43), між рельєфом покрівлі й середнім вмістом ільменіту слабкий (–0,25).

Типовий розподіл вмісту ільменіту у вертикальному перерізі кори звітрювання Тернівського рудопояву наведено на рис. 3, з. Здебільшого в профілі кори звітрювання наявні три горизонти збагачення, приурочені до нижньої, середньої та верхньої частин елювію.

На підставі показників, отриманих геологами-виробничниками в процесі розшукових і розшуково-оцінних робіт у межах Воронівської, Волківської, Носачівської та Тернівської ділянок, ми виконали рейтингову оцінку фосфатно-титанових руд у породах фундаменту. Виявилось, що найперспективнішою є Носачівська ділянка (Носачівське родовище), після неї – Воронівська; ділянки Волківська й Тернівська мають однакову найнижчу рейтингову оцінку.

На підставі аналізу низки показників, що їх отримали геологи-виробничники в процесі глибинного геологічного картування території, а саме: середня глибина залягання пластів, м; середня товщина пластів, м; середньозважений вміст ільменіту, кг/м³; вміст

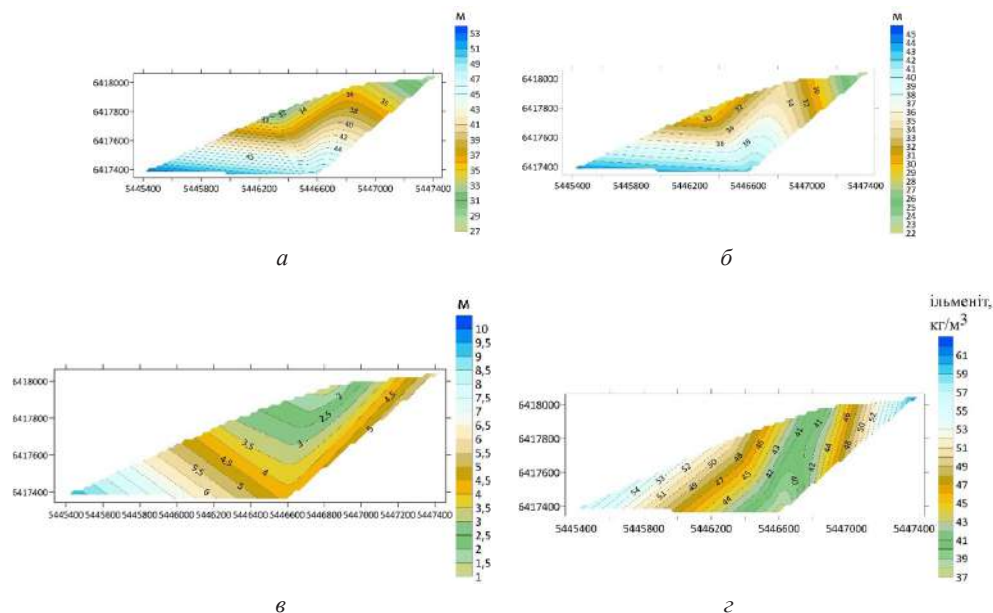


Рис. 6. Ізогіпси поверхні (а), підшови (б), ізопахіти товщини (в) кори звітрювання та ізогіпси середнього вмісту (кг/м³) у ній ільменіту (з) у межах Тернівського рудопрояру

TiO₂ в ільменіті, %; площа прогнозування, тис. м²; прогнозні ресурси TiO₂, тис. т – ми виконали рейтингову оцінку рудоносності кори звітрювання досліджених об'єктів. Найбільшу рейтингову оцінку отримали Воронівський і Волківський рудопроярів титанових руд у корі звітрювання, на третьому місці – Носачівський, на четвертому – Тернівський рудопрояр. Зазначимо, що рейтингова оцінка рудоносності кори звітрювання в цьому випадку є відносним показником, оскільки ступінь вивченості елювію цих чотирьох рудопроярів різний і загалом недостатній.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Виконані нами дослідження засвідчили, що в межах Городищенського, Носачівського, Смілянського й Тернівського масивів, розташованих у центральній частині Корсунь-Новомиргородського плутону, протягом тривалої геологічної історії утворилася різночасова й різногенетична, однак просторово суміщена рудоносна система, представлена габро-анортозитовою фосфатно-титановою формацією кристалічного фундаменту та фосфатно-титановою формацією кори звітрювання. У сукупності ця рудоносна система має значний рудний потенціал. За рейтинговою оцінкою фосфатно-титанової рудоносності порід фундаменту передусе Носачівська ділянка (Носачівське родовище), друге місце посідає Воронівська ділянка, третє місце поділили Волківська й Тернівська ділянки. Рудні тіла в породах фундаменту продовжуються в корі звітрювання з утворенням Воронівського, Волківського, Носачівського і Тернівського рудопроярів. Для цих рудопроярів ми дослідили просторове поширення ільменіту в корі звітрювання за латераллю й у вертикальному перерізі елювію.

На Тернівському й Носачівському рудопроярів ільменіту в корі звітрювання наявні по дві просторово розрізнені ділянки найвищого середнього вмісту мінералу, натомість на Воронівському й Волківському – тільки по одній.

Найсуттєвішу різницю між мінімальним і максимальним вмістом ільменіту в корі звітрювання визначено для Воронівського рудопрояву.

Ділянки підвищеного середнього вмісту ільменіту переважно не збігаються просторово з ділянками найбільшої товщини елювію або ж збігаються частково.

У вертикальному перерізі кори звітрювання Волківського рудопрояву виявлено один або два горизонти, збагачені ільменітом, які приурочені до середньої та верхньої частини елювіального профілю; у нижній частині вміст ільменіту рівномірний. Натомість у межах інших рудопроявів наявні три рівні збагачення елювію ільменітом, приурочені до нижньої, середньої і верхньої частини його профілю.

Для всіх рудопроявів визначено сильний прямий кореляційний зв'язок між рельєфом поверхні та підшви кори звітрювання. Кореляційний зв'язок між товщиною елювію і середнім вмістом ільменіту середній (Волківський, Носачівський рудопрояви) і помірний прямий (Тернівський рудопрояв). Найсильніший прямий кореляційний зв'язок між рельєфом підшви і товщиною елювію притаманний Волківському рудопрояву. Різної сили обернений кореляційний зв'язок між рельєфом покрівлі / підшви та середнім вмістом ільменіту виявлений на Волківському, Носачівському й Тернівському рудопроявах, натомість у межах Воронівського рудопрояву кореляційний зв'язок між цими параметрами прямий різної сили.

За результатами рейтингової оцінки рудопрояви титанових руд у корі звітрювання досліджених рудопроявів розташувалися так: передують Воронівський і Волківський (однакова кількість балів), менший рейтинг у Носачівського й Тернівського рудопроявів.

Зважаючи на те, що досліджені рудопрояви ільменіту в корі звітрювання мають різний ступінь вивченості, їхня рейтингова оцінка є умовною, що не дає змоги повною мірою оцінити їхній рудоносний потенціал і визначити реальну рейтингову оцінку. Наприклад, рейтингову оцінку Волківського рудопрояву титанових руд у корі звітрювання виконано за найменшою порівняно з іншими рудопроявами кількістю свердловин.

Беручи до уваги результати дослідження рудоносності порід фундаменту і з огляду на те, що рудоносність елювію зумовлена рудоносністю кристалічних порід фундаменту, можна прогнозувати родовища титанових руд у корі звітрювання зазначених рудопроявів після їхньої дорозвідки зі згущенням мережі розшукових свердловин.

Наразі в Україні розробляють тільки розсіпні родовища фосфатно-титанових руд, а кору звітрювання розробляють лише частково на деяких родовищах. Тому дослідження рудоносності описаних об'єктів може бути основою для нарощування мінерально-сировинної бази фосфатно-титанових руд Корсунь-Новомиргородського плутону і для організації робіт із розшуків розсіпищ ільменіту й апатиту в різновікових осадових товщах, утворених завдяки розмиванню й перевідкладанню рудоносного елювію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кривдік С. Г., Гуравський Т. В., Дубина О. В., Братчук О. М., Мархай О. І., Нечаєнко О. М., Якубенко П. Ф. Особливості речовинного складу Носачівського апатит-ільменітового родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит). *Мінералогічний журнал*. 2009. Т. 31. № 3. С. 35–78.
2. Крошко Ю. В., Ковальчук М. С. Поліхронно-полігенна парагенетично-просторова титанорудна система осадового чохла південно-західної частини Корсунь-Новомиргородського плутону. *Геохімія та рудоутворення*. 2023. Вип. 44. С. 63–88. <https://doi.org/10.15407/gof.2023.44.063>.
3. Крошко Ю. В., Ковальчук М. С. Рудоносність Аврамівського і Західного родовищ (Новомиргородський габро-анортозитовий масив). *Мінеральні ресурси України*. 2025. № 1. С. 41–49. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.41-49>.

4. Носачівське родовище. URL: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2021/09/nosachivske-rodovyshe.pdf> (дата звернення 15.05.2025).

REFERENCES

1. Kryvdik, S.H., Huravskiy, T.V., Dubyna, O.V., Bratchuk, O.M., Markhai, O.I., Nechaienko, O.M., & Yakubenko, P.F. (2009). Osoblyvosti rechovynnoho skladu Nosachivskoho apatyt-ilmenitovoho rodovyshecha (Korsun-Novomyrhorodskiy pluton, Ukrainskiy shchyt) [Peculiarities of the material composition of the Nosachiv apatite-ilmenite deposit (Korsun-Novomyrhorod pluton, Ukrainian Shield)]. *Mineralohichnyi zhurnal – Mineral. Journ. (Ukraine)*, 31 (3), 35–78.
2. Kroshko, Y.V., & Kovalchuk, M.S. (2023). Polikhronno-polihenna parahenetychno-prostoro-va tytanorudna systema osadovoho chokhla pivdenno-zakhidnoi chastyny Korsun-Novomyrhorodskoho plutonu. [Polychronic-polygenic paragenetic-spatial titanium-ore system of the sedimentary cover of the south-western part of the Korsun-Novomyrhorod pluton]. *Heokhimiia ta rudoutvorennia – Geochemistry and Ore Formation*, 44, 63–88. <https://doi.org/10.15407/gof.2023.44.063>.
3. Kroshko, Yu.V., & Kovalchuk, M.S. (2025). Rudonosnist Avramivskoho i Zakhidnoho rodovyshech (Novomyrhorodskiy habro-anortozytovyi masyv). [Ore content of Avramivske and Zakhidne deposits (Novomyrhorod gabbro-anorthosite massif)]. *Mineralni resursy Ukrainy – Mineral Resources of Ukraine*, 1, 41–49. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.41-49>.
4. Nosachivske rodovyshe [Nosachivske deposit]. Retrieved from: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2021/09/nosachivske-rodovyshe.pdf> (access date 15/05/2025).

Стаття надійшла до редакції 22.05.2025

Стаття прийнята до друку 16.06.2025

**ORE-BEARING OF THE VORONIVSKA, VOLKIVSKA,
NOSACHIVSKA SITES OF PHOSPHATE-TITANIUM
ORES OF THE KORSUN-NOVOMYRHOROD PLUTON
AND SPATIAL DISTRIBUTION OF ILMENITE IN THEIR CRUST
OF WEATHERING**

Yuliia Kroshko, Myron Kovalchuk

ykrosh.79@ukr.net, kms1964@ukr.net

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,

55b, Olesia Honchara St., Kyiv, Ukraine, 01601

Information is provided on the phosphate-titanium ore content of crystalline rocks of the basement of the Voronivska, Volkivska, Nosachivska, Ternivska areas and the ilmenite content of the weathering crust, which are located in the central part of the Korsun-Novomyrhorod pluton within the Horodyshchenskyi, Smilyanskyi, Ternivskyi gabbro-anorthosite massifs. Based on the attribute database, which includes the coordinates of the drill holes, their description and testing results, cartographic constructions (maps, columns) were created that reflect the relief of the roof, the relief of the sole, the thickness of the weathering crust, the lateral distribution of the average ilmenite content in the weathering crust and the vertical distribution of its content in the wells of the specified ore occurrences of titanium ores. The direction and strength of correlations between the relief of the roof and the relief of the sole of the eluvium, the relief of the roof (sole) and the thickness of the eluvium, the relief of the roof (sole) and the average content of ilmenite in the eluvium were investigated. Based on the indicators obtained

by production geologists during exploration and exploration and appraisal works within the Voronivska, Volkivska, Nosachivska and Ternivska areas, we conducted a rating assessment of phosphate-titanium ores in crystalline basement rocks. According to the assessment results, the areas were ranked in the following order (from highest to lowest rating): Nosachivska (Nosachivske deposit), Voronivska and with the same rating assessment Volkivska and Ternivska. Based on the structural and material indicators of the weathering crust (average depth and thickness of ore layers; weighted average ilmenite content; TiO_2 content in ilmenite; forecast area; forecast TiO_2 resources), a rating assessment of the studied objects was carried out. According to the results of the rating assessment (from lowest to highest), the ore occurrences of titanium ores in the weathering crust were located in the following order: Ternivskiyi, Nosachivskiyi, Volkivskiyi and Voronivskiyi with the same rating assessment. In total, the crystalline basement rocks and weathering crust within the studied areas have significant resource potential and, after geological study, may be of practical interest.

Key words: phosphate-titanium ores, ilmenite, Korsun-Novomyrhorod pluton, Voronivskiyi, Volkivskiyi, Nosachivskiyi, Ternivskiyi ore occurrences, crust of weathering, correlation analysis, rating assessment.