

РУДОНОСНІСТЬ ВОВЧАНСЬКОГО ЦИРКОН-РУТИЛ-ІЛЬМЕНІТОВОГО РОДОВИЩА

О.А. Ганжа, канд. геол. наук,
oag2909@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8510-5618>

М.С. Ковальчук, д-р геол. наук, проф.,
kms1964@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>

Ю.В. Крошко, канд. геол. наук,
yvrosh.79@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

*Інститут геологічних наук НАН України,
вул. Олесь Гончара, 55Б, Київ, Україна, 01054*

Коротко розглянуто геологічну будову Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища, яке розташоване на межі Синельниківського та Вовчанського виступів Українського щита та Дніпровсько-Донецької западини. Циркон-рутил-ільменітове зруденіння локалізоване у відкладах середньої та верхньої частин середньосарматської підсвіти неогену, що утворились в узбережно-морській фаціальній обстановці. Відклади представлені дрібнозернистими, суттєво кварцовими пісками. Латеральне поширення підвищеного середнього вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту і циркону має північно-західне — південно-східне простягання у вигляді смуги. Середній вміст становить, кг/м³: ільменіту 1,8—345,9; рутилу — 0,8—115,3; силіманіту — 0,7—328; циркону — 0,0—95,4; колективного концентрату — 11,1—939. На основі виробничих звітів створено атрибутивну базу даних: координати, опис і результати опробування 673 свердловин, яка стала основою для картографічних побудов (ізопахіт рудних пісків, латерального поширення середнього вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону, колективного концентрату мінералів, розподілу вмісту мінералів у вертикальному перетині свердловин, розподілу товщини та середнього вмісту мінералів за заданою лінією) і дослідження просторового поширення вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту та циркону в продуктивних пісках. За допомогою кореляційного аналізу з'ясовано напрям і силу кореляційних зв'язків між вмістом мінералів і між вмістом мінералів та товщиною продуктивних пісків.

Ключові слова: Вовчанське родовище, рудоносність, просторовий розподіл, кореляційний аналіз, ільменіт, рутил, циркон, силіманіт.

Вступ. Вовчанське циркон-рутил-ільменітове родовище є унікальним представником комплексних рідкоснометалево-титанових розсипів Української розсипної провінції. За вмістом ільменіту, рутилу і дистену + силіманіту Вовчанське родовище є одним із найбагатших серед аналогічних розсипних родовищ України. Відповідно до районування Л.С. Галецького [1], воно розташоване в межах Лівобережного розсипного району, до якого також входять Воскресенівське, Південне, Ново-Миколаївське, Північно-Самарське, Юріївське та Петропавлівське родовища. Рудна характе-

ристика цих родовищ висвітлена нами в попередніх публікаціях [2].

У Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р. описана практична складова дослідження, спричинена потребою у розвитку сировинної бази титану та цирконію України і необхідність використання сучасних засобів інформаційного забезпечення для дослідження особливостей їх залягання і рудоносності.

У зв'язку з продовженням комплексного дослідження Лівобережного розсипного району, а також підвищеним світовим інтере-

сом до титанової та рідкіснометалевої сировини, виникає необхідність у дослідженні особливостей просторового розподілу рудних мінералів в осадовій товщі Вовчанського родовища.

Публікація є продовженням ряду статей, що висвітлюють сучасний стан мінерально-сировинної бази титану України [3, 4 та ін.].

Основні дослідження й публікації. Правобережною геологорозвідувальною експедицією тресту «Дніпрогеологія» 1959 р. було розпочато геолого-пошукові роботи титан-цирконієвих розсипних родовищ у межах середньої течії ріки Самари. Особливу увагу приділено сарматським відкладам у вузькій зоні з'єднання Дніпровсько-Донецької западини та Українського щита. Результатом цих робіт стало відкриття 1960 р. біля села Новоандріївка і станції Демурине [5] Вовчанського родовища багатих циркон-рутил-силіманіт-ільменітових руд, аналогічне Самотканському (Малишевському).

1960 року Вовчанське родовище було попередньо опішукване, а 1961 у межах Північного покладу виконано попередню розвідку. Протягом 1963—1965 рр. здійснено попередню і детальну розвідку Північного покладу Вовчанського родовища з підрахунком запасів для категорії C_2 та В (Отчет о детальной разведке Волчанского титано-циркониевого месторождения. (Днепропетровская обл.). Отв. ред. Телков И.Г., Днепропетровск, 1969). Загалом у межах родовища було пробурено 1206 (попередня розвідка) і 153 (детальна розвідка) розвідувальні свердловини.

Особливості літологічного і мінерального складу, рудоносність Вовчанського родовища широко висвітлювались у науковій літературі. Так, у роботах С.М. Цимбала [6, 7] Вовчанське родовище представлено як типовий узбережно-морський розсип пляжного типу. Саме зруденіння пов'язується з піщаними відкладами середньосарматського під'ярусу. Загалом для розсипів Лівобережного розсипного району ймовірними джерелами живлення були метаморфізовані осадово-вулканогенні породи, що складають Криворізько-Кременчуцький, Базавлукський, Конксько-Білозерський та Орі-

хово-Павлоградський синклінорії, а також гранітоїди та мігматити, що займають значні території між синкліноріями і утворюють ряд масивів — Кіровоградський, Бобринецький, Долинський, Боков'янський, Запорізький, Демуринський, Мокро-Московський, Токівський та ін. [7, 8].

Серед титан-цирконієвих родовищ, щодо яких розроблено критерії експертного оцінювання і ранжування за рівнем інвестиційної привабливості та ризиком інвестицій у промислове виробництво, є Вовчанське [9, 10].

У монографії [11] Вовчанське родовище охарактеризовано з точки зору саме цирконової спеціалізації. Згадується Вовчанське родовище й у висвітленні сучасного стану мінерально-сировинної бази України [3], де охарактеризовано рудоносність Воскресенівського, Південного, Ново-Миколаївського, Північно-Самарського, Юріївського та Петропавлівського родовищ, що також належать до Лівобережного розсипного району [2], і представлено загальні умови розсипоутворення цього району. 2017 року здійснено переоцінку запасів Вовчанського родовища титан-цирконієвих руд, виконано техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки родовища і встановлено, що запаси багатих руд Північного покладу, з балансовими та умовно балансовими рудами, підрахунку 2017 р. співпадають із раніше затвердженими 1969 р. запасами балансових руд.

Результати дослідження основних розсипоутворювальних мінералів важкої фракції Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища висвітлено О.А. Ганжою [12].

Зважаючи на унікальність, значну перспективність і інвестиційну привабливість Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища, доцільно узагальнити матеріал щодо його рудоносності та дослідити просторовий розподіл рудних мінералів, з'ясувавши їхні кореляційні зв'язки.

Мета досліджень — узагальнення даних щодо рудоносності Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища і з'ясування просторового розподілу вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону, колективного

концентрату, а також на пряму і сили кореляційних зв'язків між ними.

Об'єктом досліджень є рудні піски Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища.

Предметом дослідження є просторовий розподіл вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону та колективного концентрату в рудних пісках, кореляційні зв'язки між вмістом мінералів і між вмістом мінералів та товщиною рудних пісків.

Методи досліджень і фактичний матеріал. В основі досліджень лежить методика цифрового структурно-літологічного моделювання, розроблена колективом науковців Інституту геологічних наук НАН України під керівництвом Д.П. Хрущова і за участі авторів публікації. Методика адаптована для умов титан-цирконієвих, золотоносних, каситеритових розсипів, червоноколірних і соленосних формацій території України. Результати моделювання апробовані та оприлюднені на наукових конференціях різного рівня, у наукових статтях і колективних монографіях [13, 14].

В основу досліджень покладено базу даних із виробничих звітів (И.Г. Телков, А.Е. Добренский «Отчет...», 1968). До створення атрибутивної бази даних (координати, опис та результати опробування свердловин) було залучено дані щодо 673 свердловин, які стали основою для картографічних побудов (товщини рудних пісків, латерального поширення середнього вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону, колективного концентрату мінералів, колонок вертикального розподілу вмісту цих мінералів). Для візуалізацій використано програмне забезпечення *Golden Software Strater*, *Golden Software Surfer*.

Геологічна будова Вовчанського родовища. Вовчанське родовище розташоване в зоні стику Синельниківського та Вовчанського виступів Українського щита і Дніпровсько-Донецької западини. Адміністративно родовище знаходиться на території Синельниківського району Дніпропетровської області, географічно — в басейні нижньої-середньої течії річки Вовчої та середньої течії річки Самари.

У геологічній будові району Вовчанського родовища бере участь складний комплекс кристалічних порід докембрію та палеозою, їхня кора вивітрювання і товща осадових відкладів палеозойського та кайнозойського віку. Зі складного комплексу кристалічних порід, складеного переважно метаморфізованими осадово-вулканогенними утвореннями, мігматитами і гранодіоритами, переважають сірі біотитові граніти і плагіограніти та пов'язані з ними мігматити, а також рожеві апліто-пегматоїдні граніти і пов'язані з ними мігматити дніпровсько-токівського комплексу й різного складу гнейси. Серед ультраосновних порід переважають амфіболіти, які мають незначне поширення.

У ході геологічної історії розвитку території породи кристалічного фундаменту зазнали гіпергенних змін, унаслідок яких утворилась кора вивітрювання кам'яновугільно-міоценового віку. У межах Вовчанського родовища товщина кори вивітрювання коливається в широких межах — від 0,0 до 49,0 м. У вертикальному профілі кори вивітрювання чітко виокремлено дві зони: нижню — дуже вивітрених, каолінізованих кристалічних порід і верхню — елювіальних каолінів. Перша складена каолінітом, польовим шпатом, кварцом, мусковітом, серицитом. Акцесорна рудна мінералізація представлена монацитом, цирконом, рутилом, магнетитом, апатитом, сфеном та ін. На ділянках значної еродованості елювіальних утворень молодші за віком осадові утворення залягають безпосередньо на слабо вивітрених кристалічних породах. На кристалічних породах безпосередньо або на корі їх вивітрювання в північно-східній частині родовища залягає товща осадових кам'яновугільних утворень, переважно турнейського і незначної частини візейського ярусів. Відклади кам'яновугільної системи представлені аргілітами, алевролітами, пісковиками і вапняками. У північно-східній частині родовища на кам'яновугільних відкладах, а в межах іншої частини родовища — на докембрійських кристалічних породах і їхній корі вивітрювання трансгресивно залягають відклади харківської світи

палеогену. Представлені вони переважно морськими відкладами мілководної і узбережної фацій. Це здебільшого дрібнозернисті кварц-глауконітові слабо глинисті зеленувато-сірі піски з підлеглими незначної товщини прошарками глауконітових глин і кременистих пісковиків. Харківські відклади поширені спорадично: в західній частині родовища вони відсутні, а на схід їхня товщина поступово збільшується, досягаючи 15,0 м. Підвищений вміст ільменіту, рутилу, циркону і силіманіту в харківських пісках визначений багатьма дослідниками, вміст колективного концентрату важких мінералів не перевищує 35–45 кг/м³. На харківських відкладах у східній частині родовища і на кристалічних породах та їхній корі вивітрювання в західній частині родовища залягають піщано-глинисті відклади неогенової системи, в складі якої виокремлено піщані відклади середньосарматської світи і нерозчленовані піщано-глинисті відклади середньо- і верхньосарматської світ. Загальна товщина неогенових відкладів коливається від 0,4 до 63,0 м. Під час пошукової і попередньої стадії розвідки Вовчанського родовища в 1961–1963 рр. (И.Г. Телков, А.Е. Добренький «Отчет...», 1968) у зв'язку з відсутністю чіткої межі між відкладами середньосарматської світи і відкладами нижнього-середнього міоцену, на геологічних розрізах відклади стратифікували як середньосарматську світу. Проте ці відклади мають певні відмінності, що допомогло здійснити їх розчленування: середньосарматські піски і піски нижнього-середнього міоцену розрізняються за забарвленням, мінеральним, гранулометричним складом, характером шаруватості тощо.

В основі нерозчленованих відкладів нижнього-середнього міоцену залягають світло-сірі з блідо-зеленуватим відтінком, дрібнозернисті, слабо глинисті кварцові піски товщиною 3,0–7,0 м, у незначній кількості збагачені рудними мінералами і глауконітом. Поширені вони переважно в північній частині родовища. До цих пісків на деяких ділянках родовища приурочений горизонт, збагачений рудними мінералами, товщиною 3,0–6,0 м і з умістом колективного

концентрату до 80 кг/м³. Через незначні розміри і значну глибину залягання (понад 65–75 м), а також порівняно низький вміст рудних мінералів цей горизонт не є промисловим і не має практичного значення. Рудоносність зосереджена у відкладах середньосарматської світи неогену, складених дрібнозернистими, суттєво кварцовими пісками. Рудна товща перекрита піщанистими темно-сірими, сірими і строкатоколірними глинами середньою товщиною до 4,0 м. Середньосарматські відклади завершені шаром строкатоколірних, значною мірою глинистих, різнозернистих (від дрібнозернистих до гравелистих) безрудних пісків. Розмір зерен зменшується з північного сходу (великозернисті та гравелисті в межах східної частини Північного покладу) на захід (середньо- і дрібнозернисті). Зазначені піски відсутні в межах західної частини Північного покладу, Тарасівського покладу і на південь від Центрального покладу.

Середньосарматські піщані відклади перекриваються глинами зеленувато-сірими, місцями вохристо-жовтими, вишнево-червоними. У верхній частині вони зазвичай містять вапняковисті стягіння, друзи і кристали гіпсу, а також бобовини, дендрити і вохристі плями (оксидів і гідроксидів марганцю й заліза). Зеленувато-сірі глини (товщина 1,0–18,0 м) поступово переходять в червоно-бурі (товщина 2,0–30,0 м), які належать до нерозчленованих відкладів неогенової і четвертинної систем. Червоно-бурі глини повсюдно перекриті жовто-бурими і палево-жовтими суглинками четвертинної системи. Суглинки слабо пористі, вапнисті, ділянками піщанисті. Товщина суглинків 1,0–18,0 м. На вододільних плато товщина збільшується, а в долинах річок і балок суглинки розмиті. Товщина алювіально-делювіальних відкладів схилів річкових долин і балок зазвичай не перевищує 5,0–8,0 м [8]. Стратиграфічне розчленування порід Вовчанського родовища подано у зведеній літостратиграфічній колонці (рис. 1).

Рудна характеристика Вовчанського родовища. Вовчанське родовище являє собою похований розсип узбережно-морського генетичного типу. Вовчанське родовище налічує

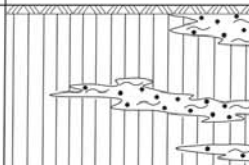
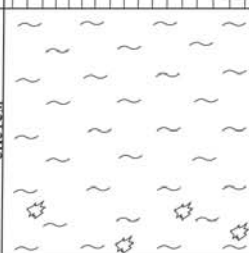
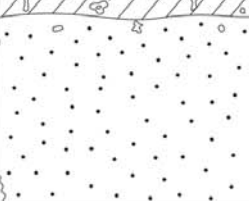
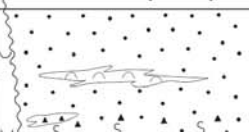
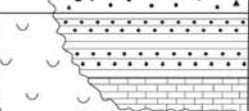
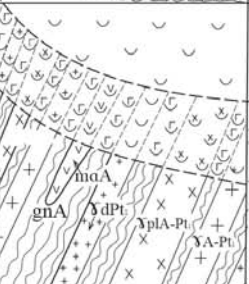
Система	Відділ	Ярус	Літологічна колонка	Індекс	Товщина м max-min середня	Коротка літологічна характеристика порід
Четвертинна	Нерозчленовані відклади неогенової та четвертинної систем			Q ₁₋₄	$\frac{50,0-2,0}{10,0}$	Ґрунтово-рослинний шар Суглинки строкато-жовті, жовто-бурі та червоно-бурі з прошарками кварцового глинистого піску. В межах річкових долин — супіски важкі, піски.
				N ₁ -Q ₁	$\frac{38,0-2,0}{15,0}$	Глина червоно-бура, в'язка, карбонатна, в нижній частині шару піщаниста, з друзами гіпсу
	міоцен	сарматський		N ₁ S ₂₋₃	$\frac{30,0-0,5}{8,0}$	Глина зеленувато-сіра, місцями строкатоколірна, в'язка, з друзами гіпсу, в підшві — піщаниста
				N ₁ S ₂	$\frac{7,0-0,5}{2,5}$	Пісок кварцовий, різнозернистий, переважно великозернистий, до гравелистого, сильно глинистий
				N ₁ S ₂	$\frac{9,0-0,5}{5,0}$	Глина сіра, темно-сіра, строкатоколірна, щільна піщаниста, місцями трепелоподібна, піски кварцові, дрібнозернисті, глинисті
				N ₁ S ₂	$\frac{16,4-0,1}{6,0}$	Пісок циркон-рутил-силіманіт-ільменітовий (руднонесний). В межах родовища з поодинокими конкреціями піщаників на кремнисто-карбонатному цементі
					$\frac{46,0-0,4}{25,0}$	Пісок кварцовий, дрібнозернистий, світлосірий, з поодинокими конкреціями піщаників на кремнисто-карбонатному цементі
				N ₁ ¹⁻³	$\frac{20,0-0,5}{8,0}$	Пісок кварцовий, дуже дрібнозернистий — дрібнозернистий білий, каолінистий, з поодинокими прошарками первісних каолінів, в підшві з поодинокими зернами глауконіту, ділянками вуглистої з прошарками чорних або темно-бурих вуглистої глини
	Палеогенова	олігоцен	харківський	P ₁ h	$\frac{47,0-0,5}{7,5}$	Пісок кварцово-глауконітовий, дрібнозернистий, слабоглинистий, зеленувато-сірий, в підшві — з жовнами пісковика кремнистого
				P ₁ h	$\frac{15,0-0,3}{2,0}$	Глина зеленувато-сіра, щільна, піщаниста, з глауконітом
				P ₁ k	$\frac{12,0-0,5}{2,5}$	Пісок кварцовий, дрібнозернистий, слабувуглистої, з глауконітом
				C ₁ v	$\frac{50,0-0,5}{2,5}$	Аргіліти, алевроліти, піщаники з прошарками вапняків, на північ від родовища зі значною кількістю пластів кам'яного вугілля
Кам'яновугільна	нижній	висхідно-конт.		C ₁ t	$\frac{25,0-0,5}{2,0}$	Вапняки світло-сірі, дрібнокристалічні з прошарками вапнякових аргілітів та алевролітів
				Pz-Kz	$\frac{24,0-1,0}{6,0}$	Каолін первинний, білий та строкатий (по кислим та основним породам)
				Pz-Kz	$\frac{20,0-0,5}{5,0}$	Вивітрені кристалічні породи, місцями — значною мірою каолінзовані
				BuPt-Pz — діабаз XdPt — граніти та мігматити рожеві, апліто-пегматодні, дніпровсько-токівського комплексу Ya-Pt — граніти та мігматити сірі, кировоградсько-житомирського комплексу YpLA-Pt — плагіограніти та пов'язані з ним мігматити maA — амфіболіти gnA — гнейси різного складу (серія древніх гнейсів)		

Рис. 1. Літо-стратиграфічна колонка Вовчанського родовища



Рис. 2. Оглядова карта території Вовчанського родовища, поклади: I — Північний; II — Центральний; III — Південний; IV — Тарасівський; V — Іванівський

п'ять рудних покладів (И.Г. Телков, А.Е. Добренский «Отчет...», 1968 г.): Північний, Центральний, Тарасівський, Південний та Іванівський, розташованих один від одного на відстані від 150 м до 1400 м (рис. 2). У Північному покладі містяться всі балансові запаси категорій В та С₁. Основні гірничо-геологічні параметри покладів подано у табл. 1.

Поклади рудних пісків, яким характерна значна протяжність (до 20 км) і незначна ширина (200—1000 м) орієнтовані в субширотному напрямку, тобто згідно з імовірною береговою лінією. Рудні піски залягають горизонтально з незначним лінзоподібним підвищенням у центральних частинах, їм властива паралельна горизонтальна і коса шаруватість. Особливо чітко шаруватість проявлена у рудних пісках, де наявне чергування темноколірних шарів, збагачених рудними мінералами (товщина до 3,5 см), зі світлими шарами піску, менш ними збагаченого. У верхній частині розрізу шаруватість виражена не чітко. Піски середньосарматської світи незалежно від ступеня їхньої рудоносності, а також піски нижнього-середнього міоцену є дрібнозернистими,

слабо глинистими. Вмісні піски (надрудні і підрудні) середньосарматської світи більш великозернисті за рудні (табл. 2).

Розмір і обкатаність зерен рудних пісків закономірно зменшуються з півдня на північ, тобто від Українського кристалічного масиву до Дніпровсько-Донецької западини, вхрест простягання родовища; в цьому ж напрямку покращується ступінь сортування пісків. За простяганням зміни гранулометричного складу рудних пісків виражені значно слабше. Прослідковується незначне зменшення розміру зерен рудних пісків від північно-західного флангу родовища до південно-східного. У східному напрямку поступово збільшується сортування рудних пісків. Тобто у межах Вовчанського родовища присутнє незначне поступове зменшення зернистості рудних пісків з півдня на північ і з заходу на схід.

Піски вміщують конкреції (до 2,0 м) неправильної, куле-, еліпсоподібної форми пісковиків від світло-сірого до темно-сірого, іноді іржаво-бурого забарвлення.

Рудні піски на 85—95 % складені легкою фракцією, представленою кварцом і гли-

Таблиця 1. Параметри рудних покладів і ділянок Вовчанського родовища (И.Г. Телков, А.Е. Добренский «Отчет...», 1968)

Назва залягання та ділянки	Довжина, км	Ширина залягання, м			Середня товщина, м		
		мін.	макс.	середнє	рудні піски	розкрив	коефіцієнт
Північний поклад							
Західна ділянка	<u>2,295</u>	<u>100,0</u>	<u>350,0</u>	<u>290,0</u>	<u>4,7</u>	<u>22,9</u>	<u>4</u>
	5,895	50,0	750,0	390,0	3,7	23,5	6
Центральна ділянка	<u>6,850</u>	<u>190,0</u>	<u>520,0</u>	<u>360,0</u>	<u>7,5</u>	<u>39,1</u>	<u>5,2</u>
	6,850	320,0	1050,0	860,0	4,7	43,2	9,3
Східна ділянка	<u>6,390</u>	<u>100,0</u>	<u>400,0</u>	<u>200,0</u>	<u>8,2</u>	<u>45,4</u>	<u>5,6</u>
	7,390	395,0	1030,0	660,0	4,4	41,3	9,3
Разом	<u>15,535</u>	<u>100,0</u>	<u>520,0</u>	<u>290,0</u>	<u>7,4</u>	<u>39,1</u>	<u>5,3</u>
	20,135	50,0	1050,0	700,0	4,5	40,0	9,0
Інші поклади							
Тарасівський	<u>1,550</u>	<u>85,0</u>	<u>120,0</u>	<u>102,5</u>	<u>3,0</u>	<u>10,5</u>	<u>3,5</u>
	13,410	85,0	352,0	225,0	4,1	18,1	4,4
Центральний	<u>3,645</u>	<u>80,0</u>	<u>85,0</u>	<u>55,0</u>	<u>3,7</u>	<u>26,8</u>	<u>7,3</u>
	14,560	103,0	480,0	340,0	3,9	37,4	9,7
Південний	<u>13,075</u>	<u>200,0</u>	<u>650,0</u>	<u>420,0</u>	<u>4,3</u>	<u>33,4</u>	<u>7,8</u>

Примітка: в чисельнику — дані за балансовими запасами, в знаменнику — показники розмірів покладів, показники середніх товщин розкриву, рудних пісків і коефіцієнту розкриву — лише для балансових запасів.

Таблиця 2. Зведена таблиця результатів гранулометричного аналізу рудних, вмісних сарматських і нижньо-середньоміоценових пісків Вовчанського родовища (И.Г. Телков, А.Е. Добренский «Отчет...», 1968)

Поклад	Класи фракцій, мм								Середній меридіан розміру зерен, мм	Коефіцієнт сортування
	1,0	1,0—0,5	0,5—0,025	0,25—0,10	0,10—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005		
I. Рудні піски										
А. Північний	0,24	0,30	15,95	68,58	1,41	1,47	4,06	7,99	0,17	1,26
Б. Центральний	—	0,19	14,24	74,67	0,94	1,83	4,17	3,96	0,17	1,23
В. Південний	0,06	0,20	25,00	59,37	0,81	2,16	5,11	7,29	0,20	1,28
II. Надрудні піски середньосарматського під'яруса										
А. Північний	0,18	0,44	17,96	63,00	1,75	2,22	5,41	9,04	0,16	1,32
Б. Центральний	0,14	0,67	17,21	67,96	1,08	1,49	5,54	5,91		
В. Південний	0,25	0,83	22,56	56,13	0,76	2,66	7,41	9,40		
III. Підрудні піски середньосарматського підяруса										
А. Північний	0,05	0,24	22,84	64,99	1,28	1,66	3,63	5,31		
Б. Центральний	0,01	0,13	23,54	65,62	0,56	1,61	3,36	5,17		
В. Південний	0,02	0,24	26,94	59,7	0,68	1,89	4,58	5,95		
IV. Піски нижнього-середнього міоцену										
А. Північний	0,06	0,17	5,99	80,87	3,37	1,03	2,16	6,35	0,14	1,14
Б. Центральний	—	0,15	5,08	83,50	1,42	1,82	2,82	5,21		
В. Південний	0,01	0,22	7,22	81,07	1,12	1,82	2,67	5,89		

нистими мінералами, та важкою фракцією (близько 9,2 %), до складу якої входять ільменіт, лейкоксен, рутил, циркон, дистен, силіманіт, ставроліт, турмалін, шпінель, алмаз, анатаз, андалузит, монацит.

Ільменіт представлений бурувато-коричневими, бурими, темно-коричневими добре обкатаними зернами округлої, плескато-округлої форми, розміром 0,07—0,2 мм (зерна розміром 0,10—0,14 мм — 60,0 %, 0,07—0,10 мм — 37,0 %). Вміст двоокису титану в ільменіті становить 58,3—67,9 % (середнє значення 62,8 %). Вміст окисного заліза (FeO) складає в середньому 25,2—27,5 %; вміст Cr_2O_3 в середньому — 0,74 % [12].

Лейкоксен сірого, кремового, рідше бурого забарвлення представлений обкатаними зернами видовжено-округлої, округлої форми розміром 0,1—0,14 мм. Вміст двоокису титану в лейкоксені до 90 %.

Рутил наявний у вигляді добре обкатаних чорних, темно-червоних, жовтих призматичних зерен розміром 0,07—0,14 мм. Вміст двоокису титану у рутилі становить 92,48—98,46 % [12].

Циркон — у вигляді різного ступеня обкатаності зерен розміром 0,07—0,1 мм: видовжено-округлих, призматичних, біпірамідальних жовтуватого, рожевого з бузковим відтінком, молочно-білого, сірого забарвлення. Середній вміст двоокису цирконію в цирконах складає 65,99 %; оксиду гафнію — 0,69—1,03 %.

Дистен представлений безбарвними округлої і неправильної форми зернами розміром 0,07—0,30 мм.

Ставроліт має вигляд слабо обкатаних зерен темно-жовтого, світло-коричневого забарвлення розміром 0,10—0,20 мм. У ставроліті є, %: Al_2O_3 27,9—37,8, SiO_2 34,1—37,1, FeO 4,9—13,4, B_2O_3 10,78, MgO 3,7—8,9 [12].

Турмалін різного ступеня обкатаності пляшково-зеленого, чорного забарвлення розміром 0,10—0,20 мм присутній у вигляді зерен округлої, неправильно-округлої, призматичної форми. Вміст основних оксидів в турмаліні, %: SiO_2 34,1—37,1; Al_2O_3 27,9—33,7; FeO 4,9—16,6; MgO 2,3—8,9; B_2O_3 10,8 [12]. У незначній кількості в них наявні, %: Na_2O_3 (0,952), CaO (0,644), TiO_2 (0,565) [12].

Шпінель трапляється у вигляді добре обкатаних зерен ізометричної, округлої форми від світло до темнозеленого забарвлення розміром 0,10—0,15 мм.

Алмаз присутній у вигляді слабообкатаних безбарвних (іноді з рожевим, зеленим, сірим відтінком), зерен ізометричної форми розміром 0,15—0,20 мм (И.Г. Телков, А.Е. Добренський «Отчет...», 1968).

Анатаз представлений ізометрично-округлими і неправильно-кустастими зернами блакитного і зеленого забарвлення, різного ступеня обкатаності розміром 0,07—0,10 мм (И.Г. Телков, А.Е. Добренський «Отчет...», 1968).

Андалузит представлений блідо-рожевими, округлими, призматичними зернами різного ступеня обкатаності розміром 0,1—0,2 мм (И.Г. Телков, А.Е. Добренський «Отчет...», 1968).

Монацит жовтуватого-зеленого, жовтого забарвлення має вигляд добре обкатаних зерен еліпсоподібної, округлої форми розміром 0,07—0,10 мм. Монацит належить до різновиду церієвого типу (вміст Ce_2O_3 ~30 %) [12]. Характерний високий вміст, %: La_2O_3 (14,6), Pr_2O_3 (3,6), Nd_2O_3 (12,1), ThO_2 (5,85), Y_2O_3 (0,3), P_2O_5 (28,6; фосфат в основному церієвих металів, (Ce, La) PO_4 ; вміст Th 3,4—6,7 % [12].

Вміст концентрату важких мінералів у пісках родовища складає, за деякими пробами, від 1,5 до 2026,2 кг/м³; у блоках — від 93,8 до 485 кг/м³. Вміст мінералів змінюється, кг/м³: у рядових пробах — ільменіту від 0,4 до 1198,7, рутилу від 0,2 до 394,5, циркону від знаків до 439,7, силіманіту та дистену від 0,5 до 345,8 (дистен визначали у сумі з силіманітом та окремо, наприклад вміст дистену — 0,8, силіманіту — 1,5—3,5); у блоках — відповідно від 37,6 до 242,6, від 15,9 до 64,6, від 2,9 до 9,4, і від 20,4 до 117,5. Вміст у в'язких рудних пісках родовища, %: лейкоксену 0,213—0,25; рутилу 1,7—8,8, ставроліту до 0,9, турмаліну до 0,4. Питома вага зазначених мінералів (вага відносно ваги об'єкта у повітрі та його ваги у воді) така, мг/м³: циркон 4,7, рутил 4,25, ільменіт 4,15, лейкоксен 3,96, дистен + силіманіт 3,5, ставроліт 3,75, турмалін 3,15. Вміст алмазу — 2 (И.Г. Телков, А.Е. Добренський «Отчет...», 1968).

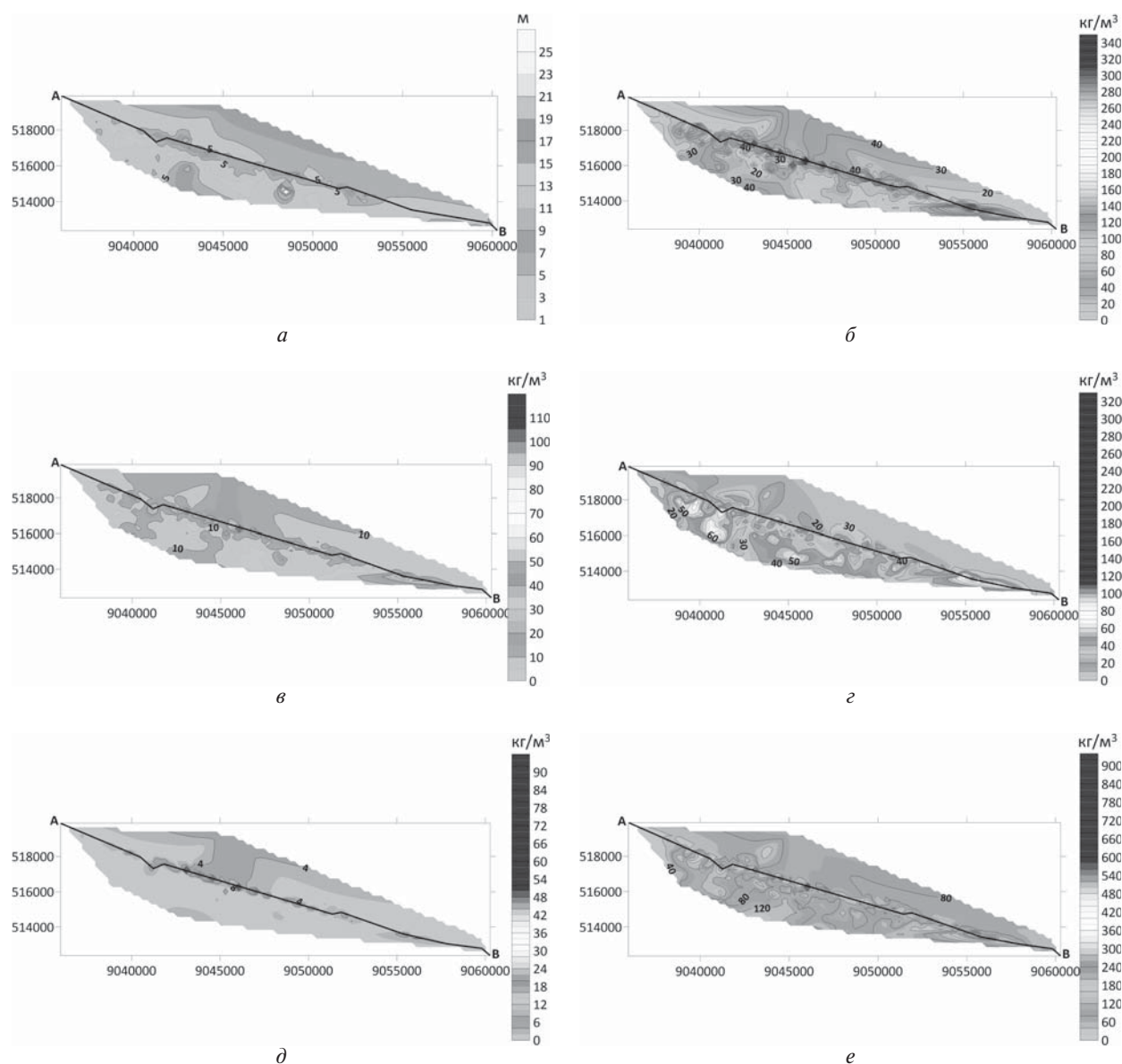


Рис. 3. Ізопахіти товщини рудних пісків (а) і латеральний розподіл середнього вмісту ільменіту (б), рутилу (в), силіманіту (г), циркону (д), колективного концентрату (е)

Існує певна закономірність у поширенні рудних мінералів: у верхній частині рудних пісків менший вміст колективного концентрату, в середній та нижній частинах вміст поступово збільшується; в плані максимальна концентрація рудних мінералів приурочена до вузької смуги шириною 200—400 м в північній частині Північного покладу; на південь товщина рудних пісків зменшується та з'являються безрудні шари.

Характерно, що до вузької північно-східної смуги рудних пісків із максимальною товщиною зазвичай приурочений максимальний вміст рудних мінералів, колектив-

ний концентрат іноді складає 500—700 кг/м³, а в деяких пробах його вміст досягає 1500—2026,2 кг/м³.

На основі атрибутивної бази даних нами створено картографічні побудови, які відображають розподіл ізопахіт товщини рудних пісків, латеральне поширення середнього вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону, колективного концентрату мінералів, та розподіл вмісту цих мінералів у вертикальному перетині свердловин.

Зокрема, товщина рудних пісків змінюється від 1,5 до 25,0 м (середнє значення 5,52 м). Найбільша товщина пісків спосте-

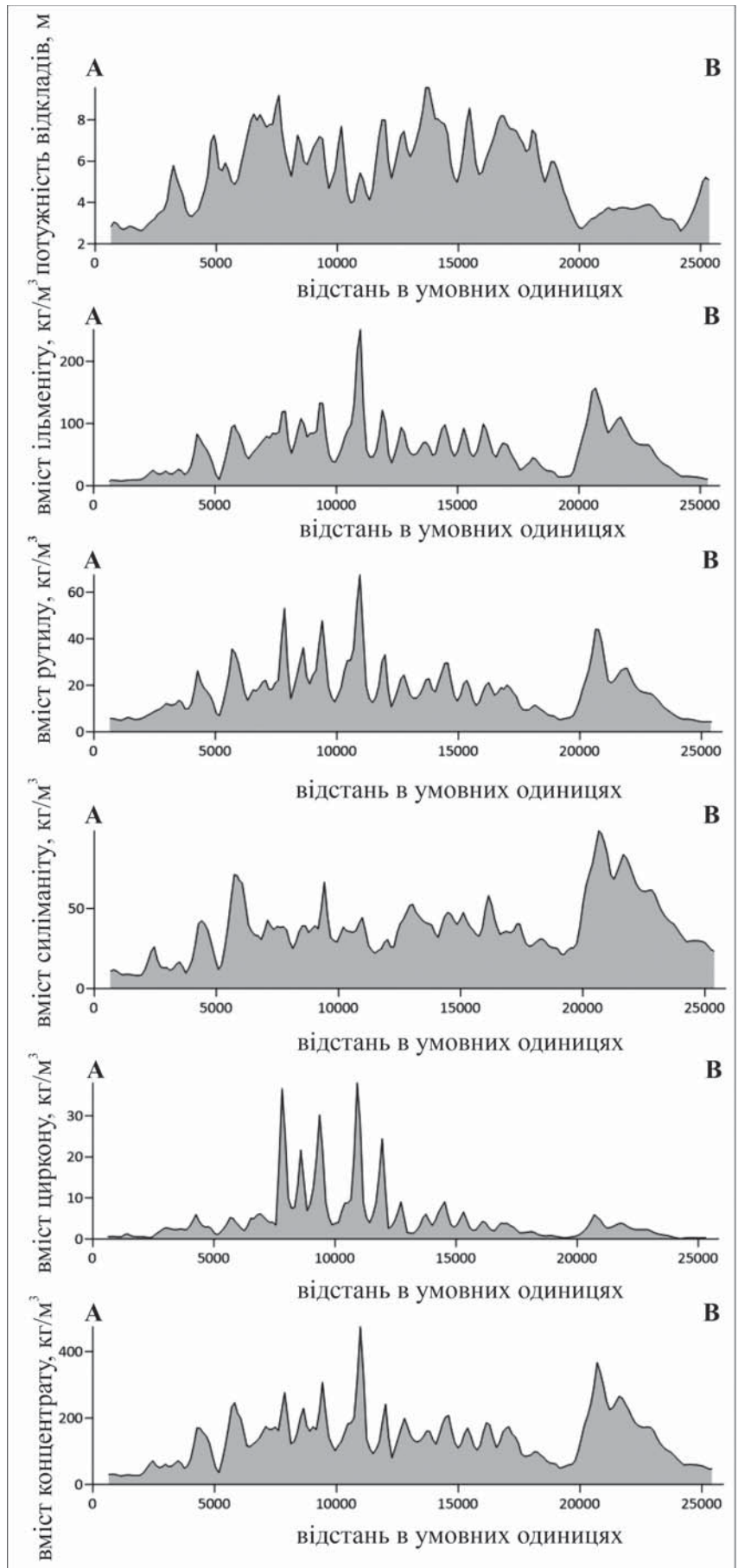


Рис. 4. Товщина рудних пісків та середній вміст ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону і колективного концентрату за лінією розрізу А—В

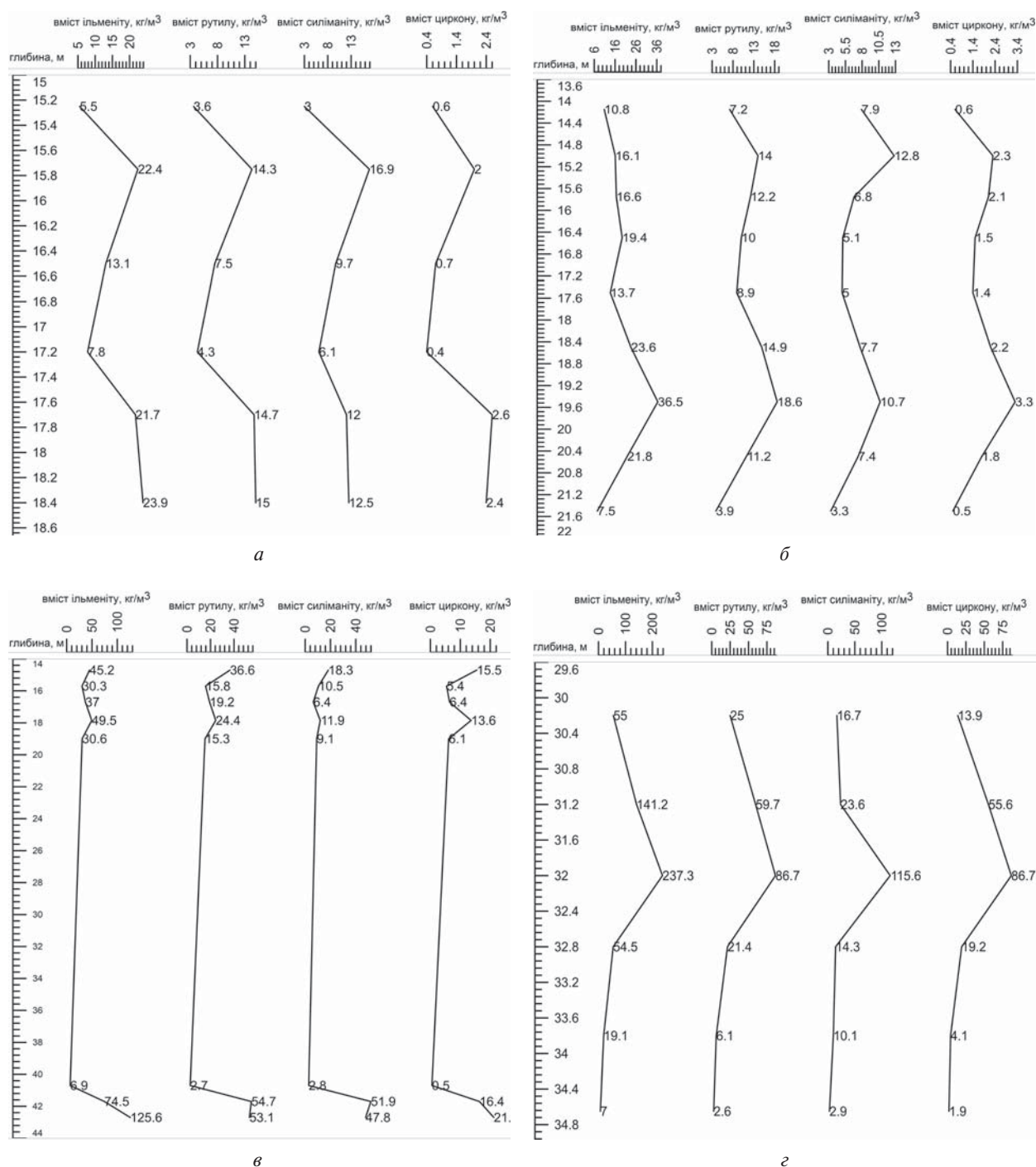


Рис. 5. Розподіл вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту і циркону у вертикальному перетині свердловин: а — 15172; б — 15174; в — 15189; г — 15219

рігається у незначних за розміром ділянках, поширених з північного заходу на південний схід (рис. 3, а).

Латеральне поширення підвищеного середнього вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону і колективного концентрату мінералів має північно-західне — південно-східне простягання у вигляді смуги, а розпо-

діл підвищеного середнього вмісту мінералів має нерівномірний плямистий характер (див. рис. 3, б—г). Середній вміст, кг/м³: ільменіту 1,8—345,9; рутилу 0,8—115,3; силіманіту 0,7—328; циркону 0—95,4; колективного концентрату 11,1—939.

Дослідження розподілу товщини пісків і середнього вмісту в них мінералів за лінією

А—В показує нерівномірний розподіл середнього їхнього вмісту і слабку залежність його від товщини вмісних пісків (рис. 4).

За допомогою кореляційного аналізу ми дослідили напрям і силу кореляційних зв'язків між середнім вмістом мінералів і середнім вмістом мінералів та товщиною рудних пісків. Зокрема встановлено, що за латераллю прямий слабкий кореляційний зв'язок наявний між товщиною рудних пісків і середнім вмістом ільменіту, рутилу і циркону (+0,28, +0,28, +0,27 відповідно); дуже слабкий — між товщиною і середнім вмістом колективного концентрату (+0,13) та відсутній — між товщиною і середнім вмістом силіманіту. Прямий сильний кореляційний зв'язок наявний між середнім вмістом ільменіту і рутилу (+0,95); циркону і рутилу (+0,75); ільменіту і рутилу (+0,71); прямий помірний — між середнім вмістом ільменіту і силіманіту (+0,46) та між середнім вмістом рутилу і силіманіту (+0,42); прямий дуже слабкий кореляційний зв'язок — між середнім вмістом циркону і силіманіту.

Розподіл ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону у вертикальному перетині свердловин характеризується наявністю одного (здебільшого у нижній частині рудних пісків, меншою мірою — у середній) або двох інтервалів (у нижній і верхній частинах рудних пісків) збільшення їх вмісту (рис. 5). У вертикальному перетині свердловин між вмістом мінералів наявні такі кореляційні зв'язки: між вмістом ільменіту і рутилу — прямий сильний (+0,88 — +0,99); ільменіту і силіманіту — прямий сильний (+0,87 — +0,91), прямий середній (+0,51); ільменіту і циркону — прямий сильний (+0,88 — +0,99); рутилу і силіманіту — прямий сильний (+0,74 — +0,94); рутилу і циркону — прямий сильний (+0,93 — +0,99); циркону і силіманіту — прямий сильний (+0,76 — +0,88), прямий середній (+0,68).

Висновки. Узагальнення фактичного матеріалу щодо рудоносності Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища та дослідження просторового розподілу вмісту ільменіту, рутилу, силіманіту, циркону, колективного концентрату і напрямку та сили

кореляційних зв'язків між ними дало підстави для таких висновків.

1. Рудоносність Вовчанського родовища зосереджена у відкладах середньосарматської світи неогену, складених дрібнозернистими, суттєво кварцовими пісками.

2. За вмістом ільменіту, рутилу і силіманіту + дистену Вовчанське родовище є комплексним та одним із найбагатших серед аналогічних розсіпних родовищ.

3. Поклади рудних пісків мають значну протяжність, незначну ширину та видовжені в субширотному напрямку згідно з імовірною береговою лінією.

4. З північного заходу на південний схід зменшується розмір зерен рудних пісків та збільшується ступінь їх сортування.

5. Вміст глинистої складової пісків поступово зменшується від їхньої покрівлі до підшви.

6. За простяганням піщані відклади характеризуються значним і нерівномірним вмістом рудних мінералів, натомість їх вміст і розподіл ухрест простягання покладів незначний і витриманіший.

7. Нерівномірний розподіл вмісту рудних мінералів уздовж імовірної берегової лінії пояснюється природним їх шліхуванням під час припливу і відпливу води.

8. Між середнім вмістом мінералів за латераллю наявні такі кореляційні зв'язки: прямий сильний між ільменітом і рутилом, цирконом і рутилом, ільменітом і рутилом; прямий помірний — між ільменітом і силіманітом, рутилом і силіманітом; прямий дуже слабкий — між цирконом і силіманітом.

9. Кореляційний зв'язок між товщиною піску і середнім вмістом рудних мінералів прямий, слабкий, а їх вміст не залежить від товщини вмісних порід.

10. У вертикальному перетині свердловин наявні від одного до двох рівнів збагачення рудних пісків ільменітом, рутилом, цирконом і силіманітом. Зазвичай підвищений вміст мінералів приурочений до підшви або покрівлі пісків, іноді до середньої частини розрізу.

11. Кореляційні зв'язки між вмістом мінералів у вертикальному перетині свердловин

прямі сильні, подекуди — прямі середні, що свідчить про спільність фаціальних і гідродинамічних умов їх осадження у процесі седиментогенезу.

12. Отримані результати підтверджують результати попередніх досліджень і доповнюють їх даними щодо просторового розподілу рудних мінералів та кореляційних зв'язків між ними.

Література

1. Геологія і корисні копалини України: Атлас. За ред. Галецького Л.С., Чернієнко Н.М. Масштаб 1 : 5 000 000. Київ. 2001. 168 с.
2. Ганжа О.А., Крошко Ю.В., Кузьманенко Г.О. Рудоносність Лівобережного циркон-рутил-ільменітового розсипного району. *Геол. журн.* 2022. № 4 (381), С. 83—100. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.4.255682>
3. Ганжа О.А., Кузьманенко Г.О., Охоліна Т.В., Ремезова О.О. Сучасний стан мінерально-сировинної бази розсипних родовищ титану України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Геологія.* 2022. № 4 (99). С. 60—66. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.99.08>
4. Ковальчук М.С., Фігура Л.А. Ільменітоносність продуктивних відкладів та якісні параметри ільменіту Тростяницького родовища титанових руд. *Мінерал. зб.* 2024. № 74. С. 31—44. <https://doi.org/10.30970/min.74.03>
5. Добренський А.Е. Миткеєв М.В., Телков І.Г., Серєда В.І. Особенности литологии комплексных россыпей Левобережья Среднего Приднепровья. Древние и погребенные россыпи СССР. Часть 1. Институт геохимии и физики минералов АН УССР, 1977. С. 93—96.
6. Цымбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
7. Цымбал С.Н., Дядченко М.Г., Личак И.Л. и др. Закономерности размещения и источники питания титановых и титан-циркониевых россыпей Украины. Древние и погребенные россыпи СССР. Часть 1. Институт геохимии и физики минералов АН УССР, 1977. С. 84—92.
8. Титановые и титано-циркониевые россыпи Украинской ССР. Киев, 1967. 850 с.
9. Михайлов В., Вижва С., Паук С. Системний аналіз мінерально-сировинної бази стратегічних корисних копалин України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія Геологія.* 2022. № 4 (99). С. 36—44. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.99.05>
10. Михайлов В.А. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість. Київ: Київський університет, 2023. 371 с.
11. Гурський К.Ю., Єсипчук К.Ю., В.І. Калінін В.І. Металічні і неметалічні корисні копалини України: у 2 т. Т. 1: Металічні корисні копалини. Київ-Львів: Центр Європи, 2005. 785 с.
12. Ганжа О.А. Мінералогія Вовчанського циркон-рутил-ільменітового родовища (Український щит). *Мінерал. журн.* 2024. 46, № 3. С. 29—42. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.03.029>
13. Хрушов Д.П., Ковальчук М.С., Ремезова Е.А. и др. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций. Киев: Интерсервис, 2017. 352 с.
14. Ganzha O., Okholina T., Kroshko Yu., Kuzmanenko H., Kovalchuk M. Structural and Lithological Models of Ilmenite Placer Deposits in Ukraine. *Anu rio do Instituto de Geociências.* 2023, 46:55949. https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_55949

Надійшла 05.10.2024

References

1. Geology and minerals of Ukraine: Atlas. (2001). Under the editorship Galetsky L.S., Chernienko N.M. Scale 1: 5,000,000. Kyiv. 168 p. [in Ukrainian].
2. Ganzha, O.A. Kroshko, Yu.V., Kuzmanenko, G.O. (2022). Ore yield of the Livoberezhny zircon-rutile-ilmenite placer area. *Geol. Journ.* No. 4 (381), pp. 83-100 <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2022.4.255682> [in Ukrainian].
3. Ganzha, O.A. et al. (2022). Current state of mineral raw material base of placer deposits of titanium of Ukraine. *Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Geology Series*, 4(99), pp. 60-66. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.99.08> [in Ukrainian].
4. Kovalchuk, M.S., Figura, L.A. (2024). Ilmenite content of productive deposits and qualitative parameters of ilmenite of the Trostianytsky deposit of titanium ores. *Mineralogical collection*, No. 74. pp. 31044 <https://doi.org/10.30970/min.74.03> [in Ukrainian].
5. Dobrenky, A.E. et al. (1977). Peculiarities of the lithology of the complex placers of the Left Bank of the Middle Dnieper. Ancient and buried placers of the USSR. Part 1. Institute of Geochemistry and Mineral Physics of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, pp. 93-96 [in Russian].
6. Tsymbal, S.N. Polkanov, Yu.A. (1975). Mineralogy of titanium-zirconium placers in Ukraine. Nauk. Dumka, Kyiv [in Russian].
7. Tsymbal, S.N., et al. (1977). Patterns of location and sources of supply of titanium and titanium-zirconium placers of Ukraine. Ancient and buried placers of the USSR. Part 1. Institute of Geochemistry and Mineral Physics of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, pp. 84-92 [in Russian].
8. Semenenko, N.P., Veklich, M.F. (Eds.). (1967). Titanium and titanium-zirconium placers of the Ukrainian SSR. Kyiv [in Russian].

9. Mikhailov, V., Vizhva, S., Payuk, S. (2022) Systematic analysis of the mineral and raw material base of strategic minerals of Ukraine, Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Geology Series, 4(99), pp. 36-44. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.99.05> [in Ukrainian].
10. Mykhaylov, V.A. (2023). Strategic minerals of Ukraine and their investment attractiveness: monograph. Kyiv: Kyiv University, 371 p. [in Ukrainian].
11. Gursky, K.Yu. et al. Metallic and non-metallic brown digging plants of Ukraine. T. 1: Metallic brown copalins. 2nd ed.: Center of Europe, Kyiv-Lviv [in Ukrainian].
12. Ganzha, O.A. (2024). Mineralogy of the Vovchansk zircon-rutile-ilmenite deposit (Ukrainian shield). *Mineral. Journ.*, **46**, No. 3. C. 29-42. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.46.03.029> [in Ukrainian].
13. Khrushchev, D.P. et. al. (2017). Structural and lithological modeling of sedimentary formations. Interservice, Kyiv [in Russian].
14. Ganzha, O. et al. (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.

Received 05.10.2024

O.A. Ganzha, oag2909@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8510-5618>

M.S. Kovalchuk, kms1964@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>

Yu.V. Kroshko, ykrosh.79@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7601-7760>

Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,
Olesya Honchara Street, 55B, Kyiv, Ukraine, 01054

ORE-BEARING OF THE VOVCHANSK ZIRCON-RUTIL-ILMENITE DEPOSIT

The geological structure of the Vovchansk zircon-rutile-ilmenite deposit, which is located on the border of the Synelnikivskiy and Vovchanskiy ledges of the Ukrainian shield and the Dnipro-Donets depression, is briefly considered. Zircon-rutile-ilmenite mineralization is localized in deposits of the middle and upper parts of the Neogene (Middle Sarmatian formation), formed in a coastal-marine facies setting. Deposits are represented by fine-grained, essentially quartz sands. The lateral distribution of the increased average content of ilmenite, rutile, sillimanite, and zircon has a northwest-southeast trend in the form of a strip. The average content of ilmenite is 1.8-345.9 kg/m³; rutile — 0.8-115.3 kg/m³; sillimanite — 0.7-328 kg/m³; zircon — 0.0-95.4 kg/m³; collective concentrate — 11.1-939 kg/m³. On the basis of production reports, an attributive database (coordinates, description and test results of wells) of 673 wells was created. The created database became the basis for cartographic constructions (isopachyte of ore sands, lateral distribution of the average content of ilmenite, rutile, sillimanite, zircon, collective mineral concentrate, distribution of mineral content in the vertical cross-section of wells, distribution of thickness and average mineral content along a given line) and research of spatial distribution of ilmenite, rutile, sillimanite and zircon content in productive sands. Correlation analysis revealed the direction and strength of correlations between the mineral content and between the mineral content and the thickness of productive sands.

Key words: Vovchansk deposit, ore bearing, spatial distribution, correlation analysis, ilmenite, rutile, zircon, sillimanite.