

СТРУКТУРНО-ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИРКОН-ІЛЬМЕНІТОВИХ РОЗСИПІВ МОКРОЯЛИНСЬКОЇ ГРУПИ

О.А. Ганжа,

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

Ю.В. Крошко,

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

Т.В. Охоліна,

svilya@ukr.net , <https://orcid.org/0000-0003-3936-9561>

*Інститут геологічних наук НАН України
01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 55б*

Викладено загальну геологічну характеристику та палеогеографічні умови формування Мокроялинської групи циркон-ільменітових розсипів. Досліджуваний район характеризується складною геологічною будовою та поліфаціальним складом рудоносної товщі, оскільки містить відклади алювіальних, лагунних, дельтових і прибережно-морських фацій. Родовища розташовані в районі докембрійської складчастості, ускладненої молодими тектонічними зрушеннями. До найперспективніших розсипів цієї групи належать Татарське, Мануїльське та Златоустівське родовища. Це алювіальні та прибережно-морські піщані відклади полтавської серії. Основними мінералами розсипів є ільменіт (17,5—18,2 кг/м³) та циркон (3,3—5,2 кг/м³). Для відображення розподілу ільменіту та циркону по площі Татарського, Мануїльського та Златоустівського родовищ було використано сучасні ГІС-технології та отримано ряд візуалізацій (рельєфу денної поверхні, підосви та покрівлі рудного тіла Мокроялинської западини, карти площинного поширення вмісту ільменіту й циркону, потужності рудної товщі, колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин кожного з родовищ). Стаття висвітлює структурні (будова пласта, гіпсометрія залягання покладу, рельєф сучасної поверхні, тектонічні умови та ін.) і літологічні (гранулометричні та мінералогічні особливості, літофації, розподіл рудних компонентів та ін.) характеристики як Мокроялинської групи загалом, так і конкретно Татарського, Мануїльського та Златоустівського циркон-ільменітових родовищ.

Ключові слова: Мокроялинська група, циркон-ільменітові розсипи, літологічні особливості.

Вступ. Актуальність роботи зумовлена підвищеним інтересом світової спільноти до титанової сировини, в зв'язку з чим необхідно розширити інформаційну базу об'єктів титанової спеціалізації, а також можливості наукового супроводу усіх етапів аналізу із використанням ГІС-технологій для забезпечення геологічних досліджень і робіт.

За підсумками конференції «Стратегічне партнерство між Європейським Союзом і Україною у сфері критичної сировини та батарей» (17.04.2022) було підписано Меморандум про розуміння щодо критичної сировини, а також наголошено, що Україна і ЄС мають здійснити кроки зі сприяння

інвестиціям і створити можливості для фінансування. Тому нині важливо висвітлити сучасний стан мінерально-сировинної бази титану України, а також визначити роль України в світовому видобутку мінералів титанової групи.

Практична складова дослідження зумовлена потребою у розвитку сировинної бази титану та циркону задля підвищення показників рівня економічного розвитку та забезпечення обороноздатності держави (відповідно до Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р.), а також упровадження ГІС-технологій для геологічних досліджень

і робіт, спрямованих на різнобічне використання і охорону геологічного середовища.

Мокроялинський район відіграє важливу роль серед розсипних титанових районів України: до відкриття таких промислових гігантів як Самотканське циркон-рутил-ільменітове родовище (1950-ті роки) його вважали одним із найперспективніших. Тому потрібно окреслити його структурні та літологічні характеристики за допомогою сучасних засобів інформаційного забезпечення.

Основні дослідження й публікації. З 1954—1959 рр. Мануїльська ГРП Приазовської експедиції виконала пошуково-розвідувальні роботи на площі розвитку третинних відкладів у басейні верхньої та середньої течії р. Мокрі Яли і виявила низку комплексних розсипних родовищ циркону, ільменіту, монациту, каситериту. До цих родовищ віднесено Татарське, Мануїльське, Златоустівське, Валі-Тарамське, Катеринівське та інші (Полевая А.П., Баранова Н.М., Борисенко С.Т., Джелген Е.И. Сводный отчет по россыпям Мокро-Ялынской группы (по работам Приазовской экспедиции за 1954—1959 гг.). Артемовск, 1960 г.).

З 1956 р. район Мокроялинської западини вивчала група вчених Інституту геології АН УРСР: Н.М. Баранова, Г.М. Молявко, М.Ф. Веклич, В.Х. Геворк'ян та ін [1]. Вони уточнили стратиграфічну схему третинних відкладів Приазов'я, виділили генетичні та морфологічні типи розсипів: морські, елювіально-делювіальні, алювіальні, еолові, техногенні; охарактеризували джерела живлення розсипів ільменітом, цирконом. 1959 року група геологів Приазовської експедиції під керівництвом С.Т. Борисенка склала геологічну карту Приазов'я масштабу 1 : 100000. Циркон-ільменітові розсипи Мокроялинської групи охарактеризував С.М. Цимбал у публікаціях 1960-х і 1970-х років [2, 3], однак у них не представлено детальних візуалізацій розподілу рудних компонентів, а палеогеографічні умови формування розсипів описано в загальних рисах.

У сучасних літературних джерелах Мокроялинську групу лише поверхнево оглядають з точки зору перспективності на цирконієві руди [4, 5]. В.А. Михайлов розробив критерії

експертного оцінювання і ранжування низки об'єктів вітчизняних титан-цирконієвих родовищ за рівнем інвестиційної привабливості та ризиком інвестицій у промислове виробництво [6], здійснивши й оцінку Мокроялинської групи розсипів. О.А. Ганжа та ін. висвітлили сучасний стан мінерально-сировинної бази України [7], де на карті титан-цирконієвих розсипних районів виділений Мокроялинський розсипний район.

Під час огляду літературних даних простежується тенденція, що Мокроялинську групу розсипів переважно представляють як єдиний об'єкт досліджень, і відсутня детальна характеристика її окремих родовищ. Тому висвітлення структурних (будова пласта, гіпсометрія залягання покладу, рельєф сучасної поверхні та ін.) та літологічних (гранулометричні та мінералогічні особливості, літофації, розподіл рудних компонентів та ін.) характеристик представляється необхідністю. А в зв'язку з підвищеним інтересом суспільства до мінералів критичної сировини представлення можливостей всіх розсипних районів у періодичних виданнях слугує базою і для залучення інвестицій до цієї галузі.

Мета досліджень — представлення структурних і літологічних характеристик циркон-ільменітових розсипів Мокроялинської групи з використанням ГІС-технологій для обробки геологічної інформації.

Об'єктом досліджень є Мокроялинська група циркон-ільменітових розсипів, а саме Татарське, Мануїльське, Златоустівське, Катеринівське та інші родовища. У статті викладено рудну характеристику перших трьох родовищ, що за геолого-економічними показниками вважають найперспективніших об'єктами групи.

Методи досліджень і фактичний матеріал. В основу досліджень було покладено методику структурно-літологічного моделювання. Алгоритм структурно-літологічного моделювання осадових формацій був розроблений колективом науковців під керівництвом Д.П. Хрушова і за участі авторів публікації в Інституті геологічних наук НАН України. Він адаптований як для умов титано-цирконієвих, так і золотоносних і каситеритових розсипів, червоноколірних і соленосних формацій те-

риторії України. Результати моделювання широко апробовані та оприлюднені на наукових конференціях різного рівня, у наукових статтях і колективних монографіях [8, 9 та ін.].

Для картографічного моделювання структурних та якісних показників була створена цільова база даних, яка містить координати свердловин, їхній опис, результати опробування. Проаналізовано кількісний та якісний склад продуктивної товщі пісків, вміст ільменіту та циркону.

Візуалізація мінералогічних і літологічних даних допомагає уточнювати та деталізувати подальші пошуково-оцінювальні роботи. Для отримання візуалізацій використано програмне забезпечення *Golden Software Strater, Golden Software Surfer*.

В основу досліджень покладено базу даних із виробничих звітів (каталог координат, абсолютні відмітки земної поверхні, гіпсометрія підшви та покрівлі рудного тіла, вміст корисних компонентів тощо) (Полевая А.П. и др; Кутько А.Г. Составление сводной минерагенической карты Западного и Юго-Западного Донбасса в м-бе 1:200 000 с прогнозной оценкой титан-циркониевых россыпей, 1999).

Геологічна будова Мокроялинської групи розсипів. Мокроялинська група циркон-ільменітових розсипів розташована в північно-східній частині Приазовського кристалічного масиву, яка відрізняється складністю геологічної будови. За схемою районування вони належать до Мокроялинського розсипного району Приазовської титано-рідкіснометалевої розсипної зони Української субпровінції розсипної провінції Східної Європи [10].

У геологічній будові території досліджуваного району беруть участь комплекс магматичних порід Приазовського кристалічного масиву докембрійського віку, девонські, кам'яновугільні, крейдяні, палеогенові, неогенові та четвертинні відклади.

Сучасний рельєф, як і давній, олігоцен-міоценового часу, з яким пов'язані найперспективніші розсипи Приазов'я, обумовлений складною структурно-тектонічною будовою південно-східної частини України, де в результаті неодноразових тектонічних рухів чітко проявились підняті (Приазовський масив, Вовчанський виступ) і занурені (Конксько-

Ялинська западина, Запорізький грабен, південний і східний схили масиву) структури.

Різка зміна гіпсометричних відміток кристалічного ложа ділить Приазовську титано-рідкіснометалеву розсипну зону в геоструктурному відношенні на дві групи: східну, підняту, де кристалічні породи залягають на глибині від 0—30 м від поверхні, і західну, заглиблену (200—300 м). До західної групи розсипів належать Мануїльське, Златоустівське та Катеринівське родовища. До східної групи належать Татарська та східні частини Мануїльської та Златоустівської ділянок (Полевая А.П. и др.).

У Мокроялинському розсипному районі осадові відклади представлені породами мезозойського, палеогенового, неогенового і четвертинного віку. Родовища локалізовані у відкладах полтавської серії (олігоцен-міоцен) та представлені ільменіт-циркон-монацитовою мінеральною асоціацією. На рис. 1 представлено оглядову карту родовищ Мокроялинської групи розсипів.

Мокроялинські розсипи займають значну площу (50 км²) у верхів'ях р. Мокрі Яли. Найбільше збагачені ділянки видовжені переважно вздовж межі різкого занурення кристалічних порід під пухку товщу мезозой-кайнозойських відкладів. Мокроялинська западина утворилась наприкінці крейдового періоду альпійського орогенезу. Структура западини формувалась від кінця нижньокрейдного віку й була областю акумуляції теригенного матеріалу від крейди до неогену.

Річкові долини на околицях Приазовського масиву, який існував у палеогені, значно розширялись і змінювали напрям. Площа всієї западини після відходу пліоценового моря являла собою зону континентального осадконагромадження. Наприкінці олігоцену встановились сприятливі умови для утворення розсипів. Морські мілководні умови змінились на континентальні, море, відступаючи на південний-захід, різко міліло, залишаючи по собі лагуни та мілкі затоки. За морем, що регресувало, рухалась і річкова сітка, одразу по регресії моря ще не було чітко сформованих річкових долин, вони набували своїх абрисів на багатьох ділянках западини лише в міоценовий час. У середньому



Рис. 1. Оглядова карта родовищ Мокроялинської групи розсипів. Родовища: 1 — Татарське, 2 — Мануїльське, 3 — Златоустівське, 4 — Катеринівське, 5 — Валі-Тарамське

сарматі море, яке трансгресувало, змінило характер осадконакопичення. В межах моря, в східній його частині (бас. р. Мокрі Яли), спочатку накопичувались піски, після яких через обміління осідала глина, на заході (бас. р. Гайчул) переважали піщані та глинисто-мергелісті, дуже вапнякові відклади.

Головними факторами, які обумовлювали збагачення пісків цього віку рудними мінералами (цирконом, ільменітом та ін.), були переважання зносу теригенного матеріалу з Приазовського масиву, де кора лужних порід і гранітів багата рудними мінералами; неодноразове перевідкладення палеогенових і крейдяних порід у западині в олігоцен-міоценовий час. Останнє сприяло концентрації рудних мінералів уздовж берегової морської зони та по долинах древніх річок [2].

Вся східна група розсипів приурочена до алювіальних відкладів річок, що брали по-

чаток на Октябрському масиві і впадали у Мокроялинську западину. Західна група розсипів утворилась за інших умов. На захід від Мануїльської зони в олігоцені відбувалась часта зміна режимів, прибережно-морська лінія була нестабільною, що сприяло утворенню прибережно-морських розсипів, а потім їх розмиву.

За літофаціальними ознаками (гранулометричний і літофаціальний склад, шаруватість, морфологія та ін.) виділяються перешарування лагунних (піщано-алевритоглинисті відклади з малопотужними прошарками мергелів і вапняків), прибережно-морських відкладів (часта зміна літотипів у вигляді лінз і прошарків, добре відсортовані осадки в деяких прошарках, наявність добре обкатаних уламків) із дельтовими (неоднорідність гранулометричного складу, коса шаруватість та ін.). Через зміну режимів осад-

конакопичення відбувався багаторазовий перемив матеріалу, тому відклади західної групи розсипів представляють невитримані за площею і потужністю пласти кварцових пісків, що перешаровуються з лінзами вторинних каолінів.

Смуга розсипів, збагачена цирконом та ільменітом, простягається вздовж Мануїльської тектонічної зони, а потім огинає з півночі та заходу Катеринівський гранітний масив. Протяжність лінії 25 км, ширина — 3—5 км, середня потужність продуктивного горизонту — 40 м. Продуктивний горизонт представлений відкладами олігоцен-міоценової товщі (полтавський горизонт).

Продуктивним горизонтом групи Мокроялинських розсипів є піщано-глинисті відклади полтавської серії (олігоцен-міоценова товща). Це перешарування кварцових пісків із лінзами глин. У результаті багаторазових розмивів і перевідкладень теригенного матеріалу лінзи та прошарки пісків і глин не витримані за потужністю й площею. В пісках досить часто помітна коса, хвиляста, рідше лінійна шаруватість.

Гранулометричний склад пісків належить до таких гранулометричних класів, мм: більше 1,0 — 24,2 %, 1,0—0,5 — 34,41 %, 0,5—0,3 — 31,81 %, 0,3—0,21 — 5,13 %, 0,21—0,15 — 2,14 %, 0,15—0,1 — 1,07 %, 0,1—0,074 — 0,93 %, менше 0,074 — 0,31 % (Полевая А.П. и др.).

Мінеральний склад пісків представлений магнетитом, ільменітом, польовими шпата-

ми, амфіболом, кварцом, кальцитом, цирконом, епідотом, біотитом, гематитом, лімонітом, лейкоксеном, піроксеном, рутилом, монацитом, анатазом, турмаліном, гранатами та іншими мінералами. Важка фракція представлена такими мінералами, %: ільменіт (5,14), циркон (0,79), монацит (0,04), лейкоксен (0,07), рутил і анатаз (од. зн.). Легка фракція представлена, %: кварц (33,08), каолініт (9,54), гідрослюди (0,53), кальцит, польовий шпат, біотит і мусковіт (од. зн.) (Полевая А.П. и др.). Розподіл основних корисних компонентів — TiO_2 та ZrO_2 за гранулометричними класами наведено в табл. 1.

Носіями оксиду титану є мінерали ільменіту, лейкоксену та рутилу. Лантан, торій та ітрій зосереджені переважно в монациті і частково в циртоліті (різновид циркону). На основі дослідження гранулометричного складу можна констатувати, що за розмірами зерна мінералів порівняно однорідні. Вміст глинистої складової невеликий.

Для відображення загальної структури рудного покладу побудовано ряд візуалізацій, що відображають рельєф рудного тіла і розподіл вмісту ільменіту та циркону для Мокроялинської групи розсипів. Ці візуалізації поєднують карту гіпсометрії земної поверхні та підосви і покрівлі рудного тіла трьох родовищ (Татарського, Мануїльського та Златоустівського) (рис. 2), а також узагальнені карти площинного розподілу середнього вмісту ільменіту та циркону для всієї Мокроялинської групи (рис. 3), деталізовані потім для кожного з досліджуваних родовищ.

На отриманих візуалізаціях гіпсометрії земної поверхні, підосви і покрівлі рудного тіла трьох родовищ (Татарського, Мануїльського та Златоустівського) простежується пряма кореляція між відмітками земної поверхні з підосвою та покрівлею рудного тіла Мокроялинської групи розсипів у північній частині ділянки, тоді як у центральній і південній частинах вони дещо відмінні. Підосва та покрівля рудної товщі повністю корелюють між собою. Контури родовищ приурочені до понижених ділянок (з різницею в абсолютних відмітках між покрівлею та підосвою 10—20 м).

Основними корисними компонентами розсипів Мокроялинської групи є циркон та іль-

Таблиця 1. Градація вмісту TiO_2 та ZrO_2 за гранулометричними класами, %

Клас, мм	Вихід	Вміст	
		ZrO_2	TiO_2
Понад 3,0	4,3	0,04	0,12
3,0—1,0	11,2	0,22	0,36
1,0—0,5	25,15	0,44	1,25
0,5—0,2	37,55	0,45	4,7
0,2—0,15	6,2	0,2	11,75
0,15—0,104	2,41	1,84	10,0
0,104—0,074	1,5	1,8	6,75
0,074—0,01	8,4	0,49	3,34
Менше 0,01	3,09	0,4	3,15

Примітка: укладено з використанням матеріалів геологічного звіту (Полевая А.П. и др., с. 105).

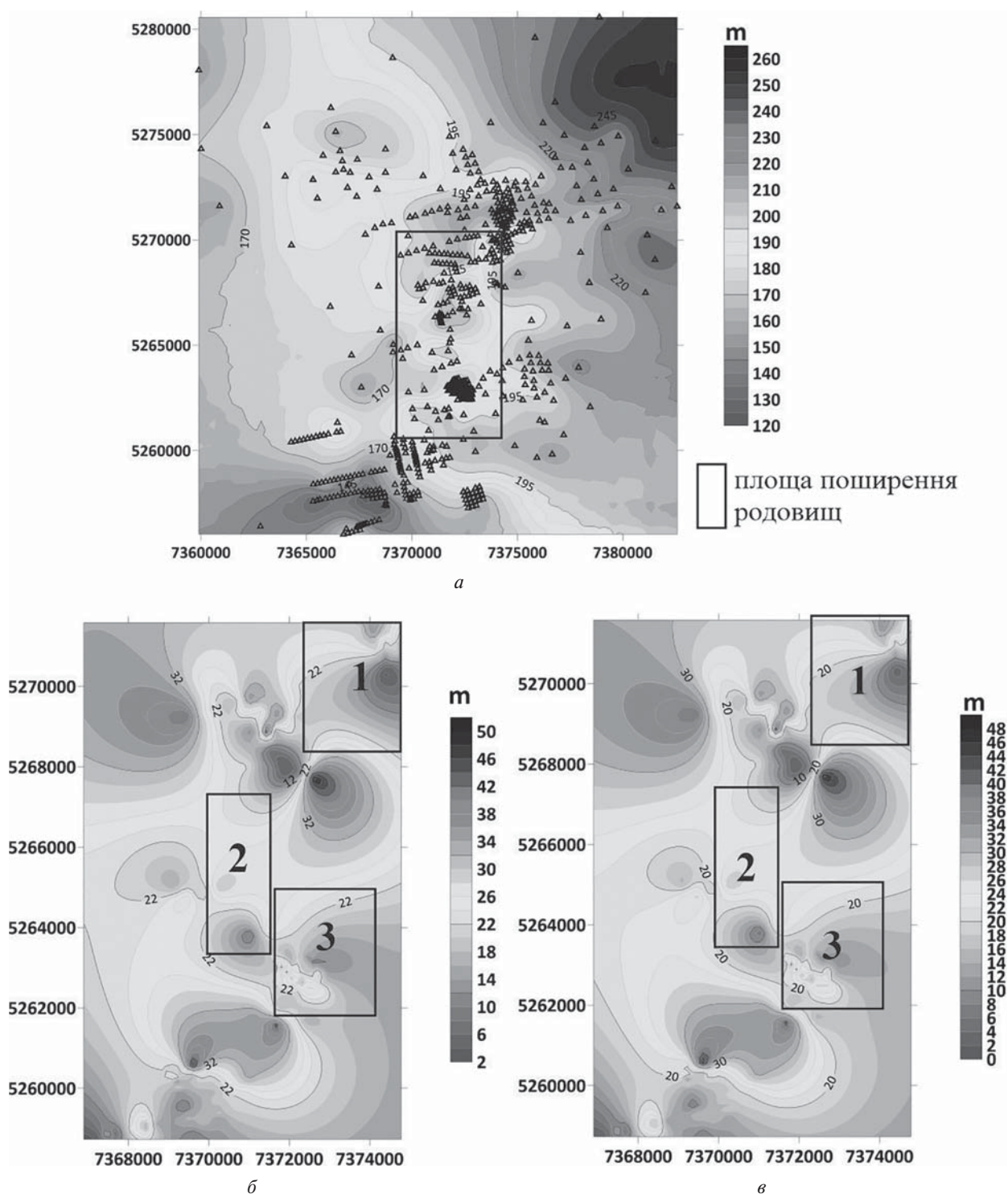


Рис. 2. Відображення абсолютних відміток: *a* — земної поверхні родовищ Мокроялинської групи розсіпів, *б* — підосви рудного тіла, *в* — покрівлі рудного тіла Мокроялинської групи розсіпів. Родовища: 1 — Татарське, 2 — Златоустівське, 3 — Мануїльське

меніт. Вміст циркону та ільменіту змінюється від 10 до 100 кг/м³ в середньому у шарі в умовному ільменіті (коефіцієнт співвідношення ільменіту, рутилу, циркону, дистен + силіманіт у межах комплексних титан-цирконієвих роз-

сіпів, який розраховують як співвідношення: ільменіту — 1, рутилу — 3, циркону — 1,5, дистену + силіманіту — 0,11) та в межах Мокроялинської групи розсіпів (за даними матеріалів геологічного звіту Полевая А.П. та ін.)

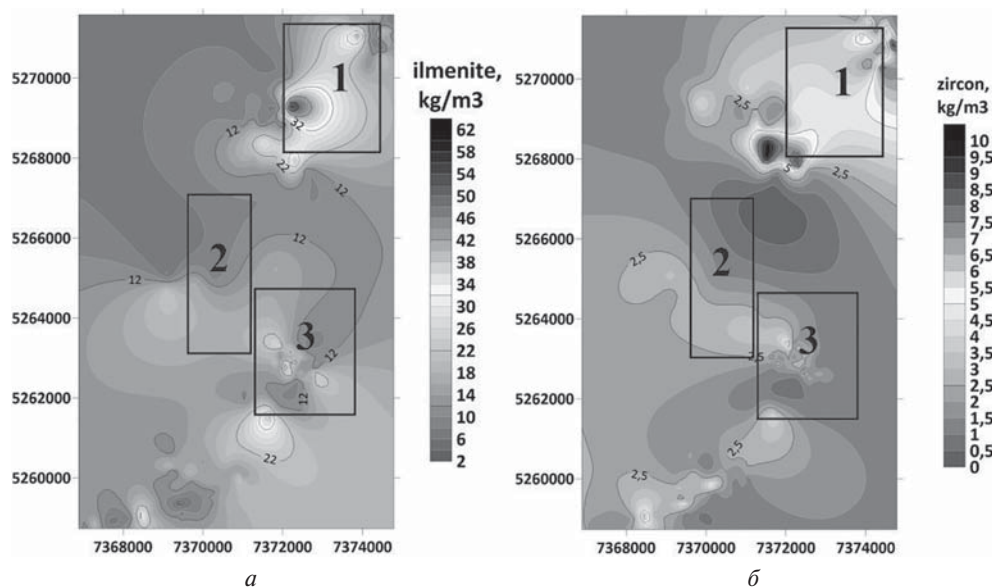


Рис. 3. Карта площинного поширення усередненого вмісту ільменіту (а) та циркону (б) у Мокроялинській групі розсипів. Родовища: 1 — Татарське, 2 — Златоустівське, 3 — Мануїльське

складає, кг/м³: Татарська ділянка — 36, Мануїльська — 50, Златоустівська — 30. Середній вміст у розсипах, кг/м³: ільменіт — 17,5—18,2, циркон — 3,3—3,2 (рис. 3).

Отримані візуалізації підтверджують наявність трьох ділянок з підвищеним вмістом корисних компонентів: ільменіту (понад 14 кг/м³) та циркону (понад 2,5 кг/м³), однак межі родовищ дещо розмиті через екстраполяцію значень із сусідніми точками. Для деталізації отриманих карт побудовано карти площинного поширення вмісту ільменіту та циркону для кожного з досліджуваних родовищ.

Татарське родовище розташоване на правому схилі балки Холодні Терни в 2 км на північний захід від села Татарка, в 15 км на захід від Октябрського масиву.

Розсип належить до алювіального типу і приурочений до древньої річкової долини олігоцен-міоценового віку. У сучасному рельєфі долина цієї річки не виражена. Сучасна поверхня ділянки — це слабо хвиляста рівнина, перекрита сучасною долиною р. Холодні Терни, має незначний нахил на захід у бік Мокроялинської западини.

Рельєф корінних порід, виявлений на цій ділянці розвідувальних робіт, представляє горбисту рівнину з пониженням до 10—20 м (Полевая А.П. и др.). Корінні породи представлені рожевими мігматитами та гнейсами.

Верхня частина корінних порід до глибини 5—15 м представлена корою вивітрювання повного профілю, у розрізі якого виділяються (знизу вгору): 1 — зона початкового вилуговування і дезінтеграції; 2 — зона часткової каолінізації; 3 — зона повної каолінізації.

Долина та її схили заповнені олігоцен-міоценовими відкладами полтавської серії потужністю до 20 м, яку перекривають червоно-бурі глини та лесовидні суглинки.

У відкладах древньої долини можна виділити такі горизонти (знизу вгору):

1. Велико- та грубозернисті піски і гравеліти світло-сірого кольору потужністю 2—10 м;

2. Піски сірувато-жовтого кольору дрібнозернисті, сильно глинисті, подекуди з лінзами великозернистого матеріалу потужністю від 1—2 до 5—8 м;

3. Вторинні каоліни білого та сірувато-білого кольору, іноді слабо піщані потужністю від 1 до 8 м;

4. Кварцові піски жовтого та брудно-бурого кольору, що залягають з явними слідами розмиву (потужність 1—3 м);

5. Червоно-бурі глини, які займають площу всієї західної частини родовища потужністю 8—12 м;

6. Уся територія вкрита суцільним пластом лесовидних суглинків потужністю від 1 м у східній частині до 12 м у північній.

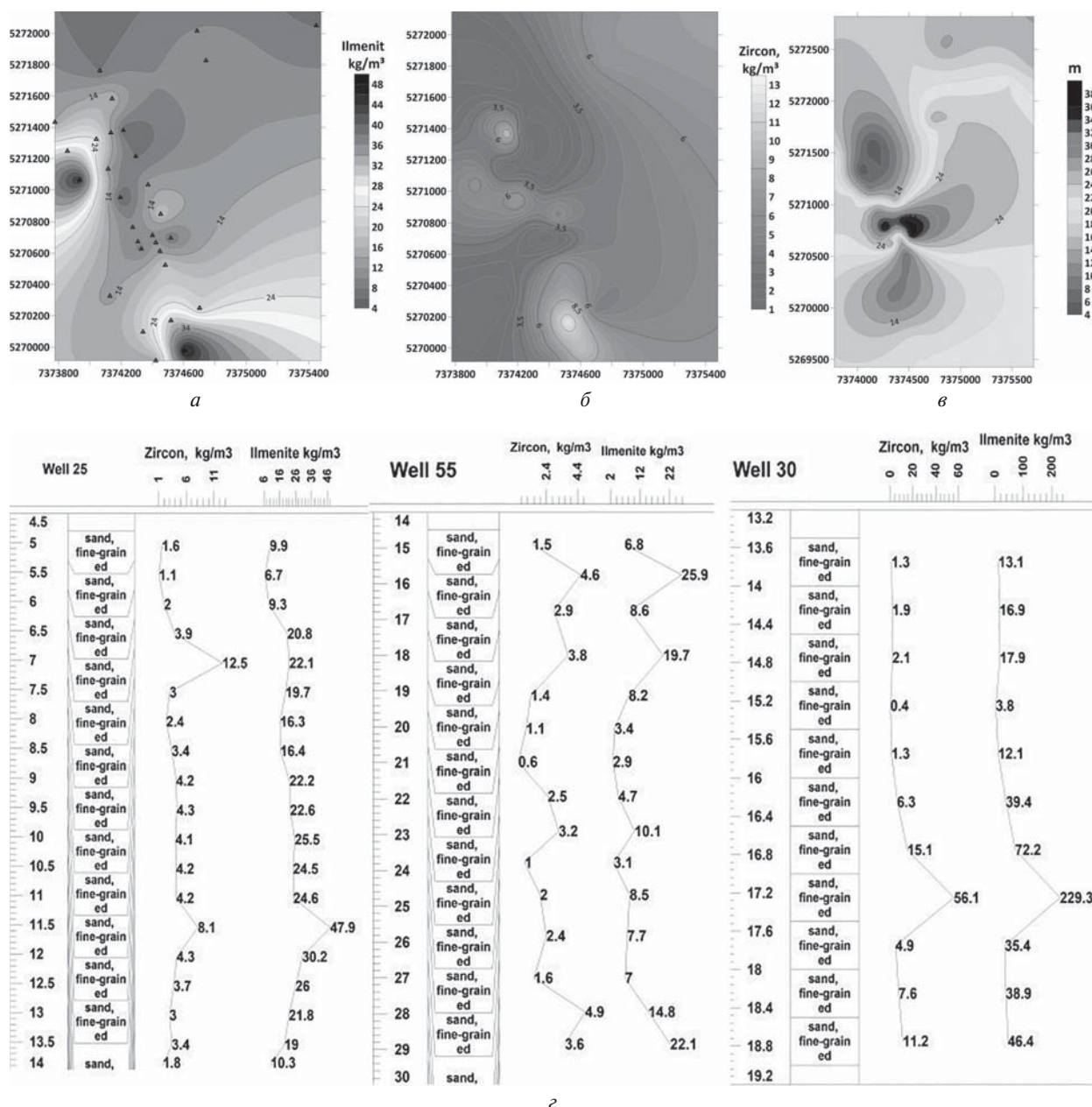


Рис. 4. Рудна характеристика Татарського родовища: карта площинного поширення ільменіту (а) і циркону (б), карта потужності рудної товщі (в), колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 25, 55, 30) (г)

Продуктивним пластом родовища є другий горизонт. Гранулометричний склад пісків належить до чотирьох фракцій: менше 0,1 мм — 35,1 %, 0,25–0,1 мм — 15,8 %, 0,5–0,25 мм — 22,3 %, 1,0–0,5 мм — 16,8 %. (Полевая А.П. и др.). Рудний концентрат зосереджений у фракції менше 1 мм (82,28 %).

Мінеральний склад шліхів родовища не дуже різноманітний. Крім кварцу і глинистої складової, що переважають, %: ільменіт від знаків до 67, лейкоксен від знаків до 30,

циркон від знаків до 27, монацит від знаків до 5, барит, магнетит, гематит, лімоніт — від знаків до 1, анатаз — до 0,8, корунд до 0,5, рутил до 0,1 (Полевая А.П. и др.).

Побудовано ряд візуалізацій, що відображають рудні характеристики Татарського родовища, а саме карта площинного поширення вмісту циркону та ільменіту, карта потужності рудної товщі, а також колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 25, 55, 30) (рис. 4).

Наші побудови показують, що розподіл корисних компонентів у розсіпі нерівномірний. За розрізом свердловин вміст ільменіту коливається від 3,0 до понад 200 кг/м³, вміст циркону в деяких пробах досягає 60 кг/м³. Найбільша потужність рудного тіла приурочена до центральної частини родовища. Усереднені значення вмісту ільменіту та циркону у цій частині понижені. Середня потужність становить: пласта 5 м, розкриву — 7,2 м. Середній вміст циркону 4,2 кг/м³, ільменіту — 15,1 кг/м³. У вертикальному перетині свердловин Татарського родовища в межах рудних пісків виокремлюються від одного (св. 30) до декількох (св. 25, 55) рівнів збагачення ільменітом і цирконом (див. рис. 4, з). Як правило, між вмістом ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин наявний прямий кореляційний зв'язок.

Златоустівське родовище розташоване в 20—25 км від станції Волноваха на лівому березі р. Мокрі Яли, в зоні зчленування Консько-Ялинської западини з Приазовським масивом. За гіпсометричними відмітками фундаменту її можна розділити на східну (припідняту) та західну (занурену) частини. У східній частині кристалічні породи лежать на глибині 15—20 м, від поверхні під товщею суглинків, червоно-бурих глин, іноді малопотужних відкладів різнозернистих пісків олігоцен-міоценової товщі. У західній частині піщано-глиниста товща простежена до глибини 150—200 м і представлена відкладами верхньокрейдового, палеоценового, еоценового та олігоценового віку.

Східна ділянка — це горбиста рівнина із загальним нахилом на схід, у бік западини. Східна частина — древня долина, заповнена алювіальними відкладами, у західній спостережено багаторазове перешарування прибережно-морських та алювіальних відкладів.

Піщано-глиниста (нерозділена) товща, що залягає на мігматитах у східній частині родовища, малопотужна (до 5 м) і представлена грубо- та великозернистими глинистими пісками та гравелітами з малопотужними лінзами вторинних каолінів. У цій частині родовище неперспективне, оскільки вміст циркону не перевищує 1,0 кг/м³, ільменіту — 5,0 кг/м³, потужність рудного пласта до 1 м.

На захід від лінії різкого занурення потужність піщано-глинистої товщі збільшується і має такий розріз (знизу вгору):

1. Світло-зелені глауконітові піски з рештками фауни потужністю 50—100 м;
2. Дрібно- та середньозернисті добре відсортовані кварцові піски світло-сірого кольору потужністю до 140 м;
3. Часте перешарування різнозернистих пісків і пісковиків із малопотужними пластами та лінзами глин потужністю до 40 м;
4. Червоно-бурі глини та суглинки потужністю до 20 м (Полевая А.П. и др.).

Гранулометричний склад пісків рудоносною товщі належить переважно до трьох фракцій: менше 1 мм — 67,34 %, 1—2 мм — 13,85 %, 2—3 мм — 10,78 % (Полевая А.П. и др.).

Мінеральний склад концентратів із пісків полтавської серії на Златоустівському родовищі, %: магнетит — менше 1, ільменіт — 52, польові шпати — 5, кварц — 30, циркон — 9, лейкоксен — 0,9, рутил — поодинокі зерна, монацит — 0,07 (Полевая А.П. и др.). Окрім циркону та ільменіту в полтавських пісках наявний підвищений вміст монациту; розподіл вмісту ільменіту і циркону теж нерівномірний.

Побудовано ряд візуалізацій, що відображають рудні характеристики Златоустівського родовища, а саме карта площинного поширення вмісту циркону та ільменіту, карта потужності рудної товщі, а також колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 60, 0315, 0380) (рис. 5).

З отриманих побудов простежується ділянка овальної форми максимальних значень вмісту циркону (понад 8 кг/м³) у північній частині родовища. Більші значення вмісту циркону характерні для східної частини родовища (понад 3,5 кг/м³). Підвищений вміст ільменіту виявлено у двох ділянках пісковиків (понад 17 кг/м³). Одна з них (на півночі родовища) співпадає з ділянкою максимальних значень циркону. Інша, на півдні родовища, видовжена в меридіальному напрямку. Потужність пласта коливається від 6 до 25 м, середня потужність — 12,5 м. Більші потужності пласта і підвищений вміст циркону характерні для східної частини родовища. Середній вміст колективного концентрату становить 19,8 кг/м³,

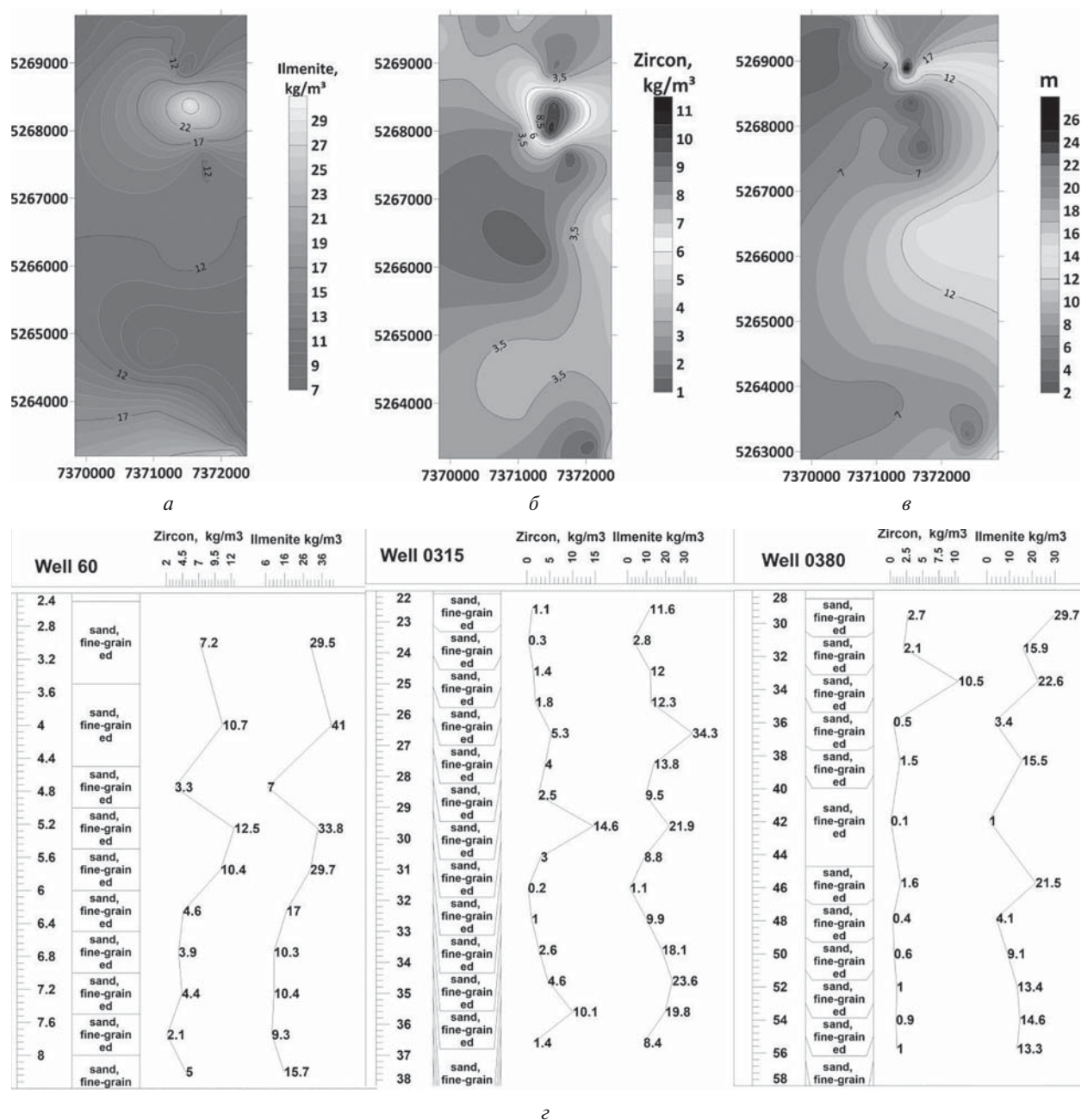


Рис. 5. Рудна характеристика Златоустівського родовища: карта площинного поширення вмісту ільменіту (а) та циркону (б), карта потужності рудної товщі (в), колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 60, 0315, 0380) (г)

максимальний — 60 кг/м³. У вертикальному перетині свердловин Златоустівського родовища вміст ільменіту та циркону розподілений нерівномірно і у досліджених свердловинах є різним. У межах рудних пісків, як правило, виокремлюються два рівні збагачення ільменітом та цирконом (див. рис. 5, г). Між вмістом ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин наявний прямий кореляційний зв'язок.

Мануїльське родовище розташоване у верхів'ї Мокрих Ялів, на правому березі р. Холодні Терни, у 18—23 км на північний захід від Октябрського лужного масиву та в 3 км на захід від Татарського родовища. Ділянка розташована на стику Мокроялинської западини з кристалічними масивом. Зона різкого занурення кристалічних порід ділить родовище на дві частини — східну, припідняту частину масиву, і західну, занурену.

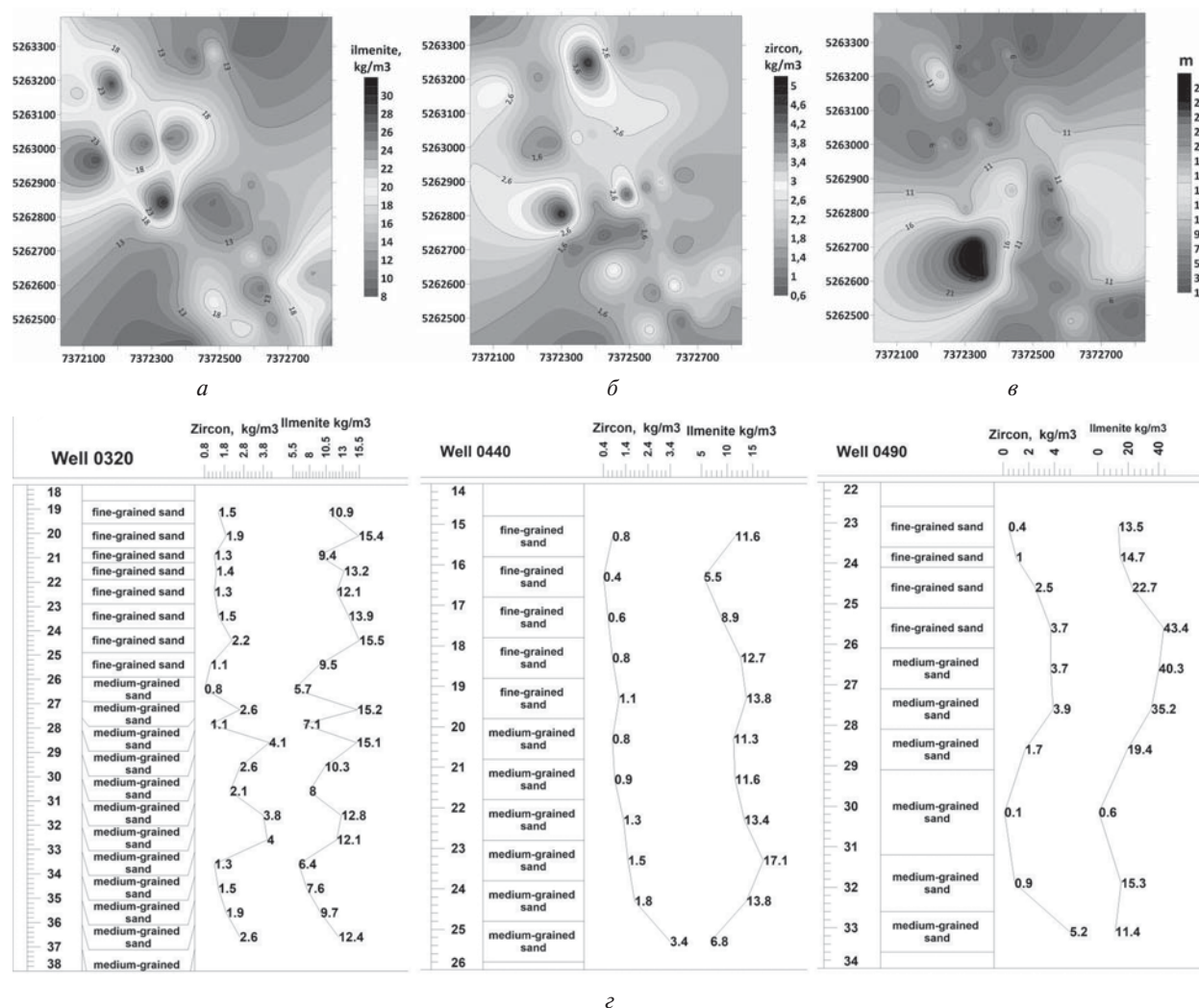


Рис. 6. Рудна характеристика Мануїльського родовища: карта площинного поширення вмісту ільменіту (а) та циркону (б), карта потужності рудної товщі (в), колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 0320, 0440, 0490) (г)

Характерною особливістю родовища є наявність Мануїльського скиду, який вплинув на розподіл фацій і вміст ільменіту та циркону. Мануїльська тектонічна зона належить до субмеридіальної системи тектонічних порушень. Амплітуда скидів між блоками не перевищує 60 м. Це обумовило різку зміну гіпсометричних відміток кристалічного ложа Мануїльського родовища і вплинуло на розподіл фацій.

Мінералізація зони представлена таким комплексом корисних компонентів: каситерит, вольфраміт, молібденіт, монацит, циркон і ксенотим (Полевая А.П. и др.). Вплив цього фактора помітний і в характері мінерального складу Мануїльського родовища. Гіпсометрія кристалічного ложа родовища

дає підстави вважати, що східна ділянка — це древня долина, заповнена алювіальними відкладами.

Відклади західної частини є багаторазовим перешаруванням прибережно-морських та алювіальних відкладів.

Долина заповнена відкладами, в яких виділено такі горизонти (знизу вгору):

1. Різномізернисті та великозернисті піски сірувато-жовтого, іноді бурого кольору зі значною кількістю гранітного матеріалу потужністю до 5–10 м;

2. Лінзи дрібнозернистих глинистих пісків і вторинних каолінів;

3. Погано відсортовані глинисті піски бурого кольору і строкаті потужністю в середньому 5 м;

4. Вторинний каолін білого або сірувато-білого кольору, подекуди червоно-бурий, іноді слабо піщаний;

5. Суглинок жовтувато-бурого кольору з карбонатними стяжіннями потужністю 1—8 м.

Гранулометричний склад пісків рудоносної товщі Мануїльського родовища належить до чотирьох фракцій, %: менше 0,1 мм — 12, 0,1—1 мм — 64,3, 1—2 мм — 9,45, 2—4 мм — 9,4 (Полевая А.П. и др.).

Мінеральний склад важкої фракції представлений, %: ільменіт — 5,14, циркон — 0,79, монацит — 0,04, лейкоксен — 0,07, рутил та анатаз — сліди (Полевая А.П. и др.).

Побудовано ряд візуалізацій, що відображають рудні характеристики Мануїльського родовища, а саме карта площинного поширення вмісту циркону та ільменіту, карта потужності рудної товщі, а також колонки розподілу ільменіту та циркону у вертикальному перетині свердловин (св. 0320, 0440, 0490) (рис. 6).

З отриманих побудов видно, що для Мануїльського родовища характерні дві ділянки з підвищеним вмістом ільменіту (понад 18 кг/м³) і циркону (понад 1,8 кг/м³) у північно-західній і південно-східній частинах. Вони відповідають Східному та Західному покладу. Для ділянок із більшим вмістом корисних компонентів характерна менша потужність рудного покладу. Середній вміст циркону у пласті становить 3,8, ільменіту — 18,4 кг/м³. Потужність пласта коливається від 1 до 26 м, в середньому — 5,7 м, середня потужність розкриття — 7,2 м. У вертикальному перетині свердловин вміст ільменіту та циркону розподілений нерівномірно з певними особливостями для кожної свердловини. У межах рудних пісків Мануїльського родовища здебільшого виокремлюються від двох (св. 0440, 0490) до шести (св. 0320) рівнів збагачення ільменітом і цирконом (див. рис. 6, з). У більшості свердловин між вмістом ільменіту та циркону у вертикальному перетині наявний прямий кореляційний зв'язок (св. 0320, 0490), у деяких (св. 0440) він відсутній.

Висновки. Мокроялинська група розсипів характеризується складною геологічною будовою та поліфаціальним складом. Територія Мокроялинського розсипного району Приазовської титано-рідкіснометалевої розсип-

ної зони ділиться на східну та західну групи розсипів відповідно до геологічної будови, приуроченості комплексних розсипів до різновікових утворень осадового чохла, ступеня їхньої вивченості та перспективності.

Уся східна група розсипів приурочена до алювіальних відкладів. До неї належать Татарська і східні частини Мануїльської та Златоустівської ділянок. Західна група розсипів (Катеринівське родовища, а також західні частини Мануїльського та Златоустівського) утворилась за складніших умов нестабільної прибережно-морської лінії.

За результатами аналізу й узагальнення раніше виконаних робіт ми створили цілісну картину геологічної будови Мокроялинської групи розсипів та уклали цільову базу даних, на основі якої здійснено картографічні побудови. Останні дали змогу дослідити структурні (характер рельєфу денної поверхні, підшови та поверхні рудовмісних відкладів) і речовинні (літологічний склад, розподіл ільменіту та циркону за латераллю і у вертикальному перетині рудоносних відкладів, потужність рудної товщі) характеристики Татарського, Златоустівського та Мануїльського циркон-ільменітових родовищ, які належать до найбільших за масштабами розсипів Мокроялинської групи.

Основними корисними компонентами розсипів Мокроялинської групи є циркон та ільменіт. Вміст циркону та ільменіту в продуктивному горизонті змінюється від 10 до 100 кг/м³ в середньому на шар в умовному ільменіті складає, кг/м³: Татарська ділянка — 36, Мануїльська ділянка — 50, Златоустівська ділянка — 30. Середній вміст у розсипах, кг/м³: ільменіт — 17,5—18,2, циркон — 3,3—3,2.

Для Татарського родовища характерні: середня потужність пласта 5 м, середній вміст циркону 4,2, ільменіту — 15,1 кг/м³. Для Златоустівського родовища: середня потужність пласта — 12,5 м, середній вміст циркону 5,3, ільменіту — 17,3 кг/м³. Для Мануїльського родовища: середня потужність пласта — 4,8 м, середній вміст циркону 3,8 кг/м³, ільменіту — 18,4. У вертикальному перетині свердловин вміст ільменіту та циркону розподілений нерівномірно та є різним у різних сверд-

ловинах. У межах рудних пісків, як правило, виокремлюються від одного до декількох рівнів збагачення ільменітом та цирконом. У більшості свердловин між вмістом ільменіту та циркону досліджуваних родовищ у верти-

кальному перетині визначено прямий кореляційний зв'язок.

Результати досліджень можуть слугувати інформаційною базою для постановки і супроводу видобувних робіт у межах даної площі.

Література

1. Баранова Н.М., Молявко Г.І., Борисенко С.Т. Третинні відклади південно-східної частини України. Київ: Вид-во АН УРСР, 1960. 150 с.
2. Титановые и титано-циркониевые россыпи Украинской ССР. Глав. ред. Н.П. Семененко, отв. ред. М.Ф. Веклич. Киев, 1967. 850 с.
3. Цымбал С.Н. Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наук. думка, 1975. 247 с.
4. Сивий М., Паранько І., Іванов Є. Географія мінеральних ресурсів України. Львів: Простір М, 2013. 684 с.
5. 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.
6. Михайлов В., Вишва С., Паюк 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. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.99.05>
7. Ганжа О.А., Кузьманенко Г.О., Охоліна Т.В., Ремезова О.О. Сучасний стан мінерально-сировинної бази розсіпних 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>
8. Хрущов Д.П., Ковальчук М.С., Ремезова Е.А. и др. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций. Киев: Интерсервис, 2017. 352 с.
9. 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
10. Геологія і корисні копалини України: Атлас. За ред. Галецького Л.С., Чернієнко Н.М. Масштаб 1 : 5 000 000. Київ. 2001. 168 с.

Надійшла 27.09.2023

References

1. Baranova, N.M. Molyavko, G.I., Borysenko, S.T. (1960). Tertiary sediments of the south-eastern part of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
2. Semenenko, N.P., Veklich, M.F. (Eds.). (1967). Titanium and titanium-zirconium placers of the Ukrainian SSR. Kyiv [in Russian].
3. Tsybmal, S.N. Polkanov, Yu.A. (1975). Mineralogy of titanium-zirconium placers in Ukraine. Nauk. Dumka, Kyiv [in Russian].
4. Syvyi, M., Paranko, I., Ivanov, Ye. (2013). Geography of mineral resources of Ukraine. Prostir M, Lviv [in Ukrainian].
5. 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].
6. 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].
7. 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].
8. Khrushchev, D.P. et. al. (2017). Structural and lithological modeling of sedimentary formations. Interservice, Kyiv [in Russian].
9. 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.
10. Galetsky L.S., Chernienko N.M. (2001). Geology and minerals of Ukraine: Atlas. Scale 1 : 5,000,000. Kyiv [in Ukrainian].

Received 27.09.2023

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

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

T.V. Okholina, svilya@ukr.net , <https://orcid.org/0000-0003-3936-9561>

Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine
01601, O. Honchara Str., 55b, Kyiv, Ukraine

STRUCTURAL AND LITHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ZIRCON-ILMENITE PLASTERS FROM THE MOKRI-YALY GROUP

The article presents the general geological characteristics and paleogeographic conditions of the formation of the Mokri-Yaly group of zircon-ilmenite placers. The studied region is characterized by a complex geological structure and polyfacies composition. The deposits are located in the area of Precambrian folding, that had been complicated by young tectonic shifts. The Tatarske, Manuilske and Zlatoustivske deposits belong to the most promising placers of this group. They represent alluvial and coastal-marine sandy deposits (Oligocene-Miocene). The main placer minerals are ilmenite (17.5–18.2 kg/m³) and zircon (3.3–5.2 kg/m³). The distribution map of ilmenite and zircon over the area of the Tatarske, Manuilske and Zlatoustivske deposits were constructed by modern GIS-technologies. This maps are included: relief of the bottom surface, sole and roof of the ore deposit of the Mokri-Yaly depression, maps of the planar distribution of the contents of ilmenite, zircon, and the thickness of the ore stratum, distribution columns of ilmenite and zircon in the vertical cross section of the wells of each of the deposits. General ore-bearing characteristic of Tatarske deposit are layer thickness — 5 m, overburden thickness — 7.2 m, zircon content 4.2 kg/m³, ilmenite — 15.1 kg/m³; Manuilske deposit are layer thickness — 10 m, overburden thickness — to 20 m, zircon content 5.5 kg/m³, ilmenite — 26 kg/m³; Manuilske deposit are layer thickness — 3.8 m, overburden thickness — 7.2 m, zircon content 3.8 kg/m³, ilmenite — 18.4 kg/m³. The structural (structure of the reservoir, hypsometry of the deposit, relief of the modern surface, tectonic conditions, etc.) and lithological (granulometric and mineralogical features, lithofacies, distribution of ore components, etc.) characteristics were described (as the Mokri-Yaly group in general , as specifically the Tatarske, Manuilske and Zlatoustivske zircon-ilmenite deposits).

Keywords: Mokri-Yaly group, zircon-ilmenite placers, lithological features.