



## Поліхронно-полігенна просторово-парагенетична ільменітоносність Букінської ділянки Межирічного родовища титанових руд

Любов Фігура<sup>1</sup>

к. геол. н., ст. наук. співробітник,<sup>1</sup> Інститут геологічних наук НАН України,  
вул. Олеся Гончара, 55-б, м. Київ, 01601, Україна,  
e-mail: [liuba\\_figura@ukr.net](mailto:liuba_figura@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0001-8009-2854>;

Мирон Ковальчук<sup>1</sup>

д. геол. н., професор, зав. відділом літології,  
e-mail: [kms1964@ukr.net](mailto:kms1964@ukr.net),  <https://orcid.org/0000-0001-9265-9707>

Наведено відомості щодо геологічної будови Букінської ділянки Межирічного родовища титанових руд. З'ясовано, що рудоносний потенціал Букінської ділянки визначений полігенно-поліхронною просторово-парагенетично пов'язаною рудною системою, яка складена титановмісними породами кристалічного фундаменту Володарськ-Волинського комплексу, їхніми корами вивітрювання, нижньокрейдовими континентальними (іршанська світа, апт-альб), верхньокрейдовими узбережно-морськими (мошно-руднянська світа, турон) продуктами розмиву і перевідкладення елювію і меншою мірою і частково різногенетичними утвореннями четвертинної системи. Основний рудоносний потенціал ільменіту Букінської ділянки міститься в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту та апт-альбських алювіальних відкладах, які виповнюють поховані річкові палеодолини та утворилися за рахунок розмиву і перевідкладення елювію. На базі координат, опису і опробування 1613 свердловин створена цільова база даних, на основі якої побудовано комплект карт (карти латерального розподілу середнього вмісту ільменіту в кристалічних породах фундаменту, у жорстві і елювіальних каолінах кори вивітрювання, у флювіальних каолінах і пісках іршанської світи, у піщано-кременевих породах мошно-руднянської світи; карта рельєфу поверхні кристалічних порід фундаменту, карти рельєфу підшови, поверхні і товщини жорстви, елювіальних каолінів, перевідкладених каолінів і пісків іршанської світи, піщано-кременевих порід мошно-руднянської світи) та досліджено структурні (характер рельєфу підшови, поверхні, товщина) і речовинні (літологічний склад, латеральний і вертикальний розподіл ільменіту) параметри рудовміщувальних відкладів. Досліджено напрямленість і силу кореляційних зв'язків між рельєфом підшови і покривлі ільменітвмісних порід; між вмістом ільменіту і товщиною рудовмісних утворень; між товщиною рудовмісних утворень і рельєфом їхньої підшови. З'ясовано особливості розподілу ільменіту у вертикальному перетині різновікових і різногенетичних утворень.

**Ключові слова:** Коростенський плутон, Межирічне родовище, Букінська ділянка, ільменітоносність, кристалічні породи фундаменту, кора вивітрювання, відклади крейдової системи, іршанська та мошно-руднянська світи.

**Як цитувати:** Фігура Любов. Поліхронно-полігенна просторово-парагенетична ільменітоносність Букінської ділянки Межирічного родовища титанових руд / Любов Фігура, Мирон Ковальчук // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2023. – Вип. 59. – С. 55-71. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-05>

**In cites:** Figura Lubov, Kovalchuk Myron (2023). Polychronic-polygenic spatial-paragenetic ilmenite bearing of the Bukinska area of the Mezhyrichny deposit of titanium ores. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (59), 55-71. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-05> [in Ukrainian]

**Вступ.** Україна входить до десятки провідних країн світу за обсягами розвіданих запасів руд титану та забезпечує понад 6% їх світового видобутку (Інвестиційний атлас..., 2021). У межах її території зосереджено 20% усіх розвіданих світових запасів титанової руди. Обліковано 27 родовищ і понад 30 рудопроявів різного ступеня вивченості (Інвестиційний атлас..., 2021). Основним титановмісним мінералом є ільменіт. Титан становить основну сировину у виробництві медпрепаратів, фарб, аерокосмічної продукції. Україна володіє найбільшими в Європі запасами та ресурсами титану і є однією з небагатьох країн, яка має у своєму розпорядженні унікальну титанову галузь, представлену як сировинними, так і промисловими підприємствами (Таранюк, Макаренко, 2019). Титанова підгалузь є єдиною в кольоровій металургії України, яка має практично повний виробничий цикл, що дозволило державі зайняти

провідне місце серед країн виробників титанової губки, пігменту двоокису титану, титанових концентратів (Таранюк, Макаренко, 2019, Mineral Commodity..., 2020). Проблема забезпечення вітчизняної промисловості титановою сировиною має стратегічне значення для економіки і для розвитку й функціонування військово-промислового комплексу держави. Майже 55% металевого титану використовується у світі для потреб промисловості, 29% – для космічної галузі і 8% – для воєнно-промислового комплексу (Битва за титан, 2023). Таким чином, країни, які володіють значними запасами титанових мінералів і сучасними технологіями їх обробітку будуть займати провідні місця у світі за економічною та воєнною потужністю (битва за титан). Серед восьми районів, в яких зосереджено основні запаси високоякісних титанових руд, одним з найбільш значущим і розвіданим є Волинський, у межах якого поширені

ендогенні (апатит-ільменітові, апатит-ільменіт-титаномагнетитові), елювіальні (апатит-ільменітові, ільменітові) і розсипні (цирконій-титанових мінералів з апатитом) родовища (Державна геологічна карта, 2001; Гурський та ін., 2005; Титановые..., 1967). Серед найбільших і найрозвіданіших розсипних родовищ континентального генезису є Межирічне, розташоване в межах Волинського мегаблоку, в центральній частині Коростенського плутону, в північно-східній частині Володарсько-Волинського масиву, в Житомирському та Коростенському районах Житомирської області, на вододілі річки Ірша й її притоки річки Тростяниця. (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022). Родовище є південним обрамленням Іршинського титаноносного регіону, в межах якого ільменітові розсипи – це типові розсипи ближнього знесення, які тісно просторово та парагенетично пов'язані з корінними джерелами – ільменітовісними породами габро-анортозитового комплексу (Гурський та ін., 2005; Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022; Цымбал и др., 1977). Ільменітові концентрати з Іршинських розсипів призначені для сірчаноокислотної переробки на пігментний діоксид титану (70% від загального випуску), для металургійної переробки на титан (20%), для виробництва феросплавів (10%).

Першочерговим завданням, спрямованим на забезпечення потреб у власній титановій сировині, є якнайшвидше введення в експлуатацію родовищ, в яких просторово-парагенетично поєднуються різногенетична та різновікова рудоносність і, які є достатньо детально дослідженими. Такі полігенно-поліхронні просторово-парагенетичні рудоносні об'єкти загалом володіють значним рудоносним потенціалом, зосередженим на різних стратиграфічних рівнях і є інвестиційно привабливими (Ковальчук, Сукач, 2018; Ковальчук, 2019). До таких об'єктів належить Межирічне родовище, в межах якого виокремлено декілька ділянок, серед яких – Букінська, запаси якої зараз перебувають в резерві (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022).

**Матеріали та методи дослідження.** Методико-методологічною основою досліджень були напрацювання відділу літології Інституту геологічних наук НАН України зі структурно-літологічного моделювання розсипів важких мінералів, які апробовані на золототомісних, монацитових, ільменітових і циркон-ільменітових розсипах Українського щита та оприлюднені на наукових конференціях різного рівня, у наукових статтях і колективних монографіях (Ковальчук, Сукач, 2018; Фігура, Ковальчук, 2022; Хрущов та ін., 2017). Фактичним матеріалом для досліджень розсипів Букінської ділянки були виробничі звіти (Рубан Н.И. Генеральний подсчет запасов титана

по Междуречному и Лемненскому россыпным месторождениям ильменита по состоянию на 01.01.1959 г. Отчет о результатах геолого-поисковых и разведочных работ, выполненных Житомирской экспедицией в бассейнах р. Ирши и верхнего течения р. Уж в Житомирской области. Киев, 1959; Дудрович Е.Ю., Мухин Ю.М., Трохименко В.М. Отчет о детальных геологоразведочных работах, выполненных геологоразведочной партией Иршинского ГОКа на Букинском участке Междуречного месторождения Житомирской области УССР в 1976-77 гг. с подсчетом запасов двуокиси титана на 01.07.1978 г. Иршанск, 1978; Костенко М.М. та ін. Геологічна будова та корисні копалини басейну верхньої течії р. Уж. Звіт геологозйомного загону № 10 Житомирської КГРП і Правобережної геофізичної партії за 1991-99 рр. по геологічному довивченню масштабу 1:200000 території аркуша М-35-ХІ (Коростень). Київ: Геоінформ, 1999; Нестеренко Т. Звіт «Повторна геолого-економічна оцінка запасів Межирічного родовища титанових руд (ділянки Середня, Емільвська, Юрська, Осінова та Букинська)». Кривий Ріг, 2018) та наукові публікації (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022; Цымбал и др., 1977).

Для картографічного моделювання структури (гіпсометрії покрівлі та підшви рудоносних відкладів та їх товщини) та якісних показників (розподіл вмісту ільменіту за латераллю і у вертикальному перетині свердловин) рудоносних порід була створена цільова база даних, яка містить дані координат 1635 свердловин, їх опис, результати опробування. Картографічні побудови здійснено з використанням ГІС-технологій у програмних забезпеченнях Inkscape, Golden Software Strater, Golden Software Surfer. Для побудови карт латерального розподілу ільменітоносності відкладів використувався його середній вміст у свердловині. Кореляційні зв'язки між певними параметрами рудовмісних відкладів досліджувалися в Microsoft Excell.

**Аналіз попередніх досліджень.** Підвищений вміст ільменіту в корі вивітрювання основних порід Волинського габро-анортозитового масиву та в алювії р. Ірша (с. Стара Борова Рудня) були встановлені в 1928–1938 рр. під час геологічної зйомки масштабу території під керівництвом С.В. Бельського, Ф.А. Піонтковського та інших (Титановые..., 1967). Протягом цього періоду Волинською експедицією Інституту прикладної мінералогії було здійснено (1930–1931 рр.) розвідку деяких ділянок ільменітовмісної кори вивітрювання Волинського масиву основних порід та алювіальних відкладів русла р. Ірша, а геологічними партіями Київського геолого-гідро-геодезичного тресту виконано роботи (1935 р.) з дослідження ільменітоносності кори вивітрювання, алювію р. Ір-

ша та її притоків (Титановые..., 1967). Комплексна геологічна карта УРСР, аркуш М-35-Б, яка охоплювала район Межирічного родовища була складена у 1945 р. Геологічна партія № 1 ГРЕ № 19 тресту «Союзспецрозвідка» у 1950 р. встановила підвищений вміст ільменіту в алювії долини р. Ірша поблизу села Старики, що дало підстави продовжити пошуки і розвідку розсипів ільменіту. З 1952 року змінилася стратегія пошуку розсипів ільменіту на відкриття давніх похованих розсипів, яка увінчалася успіхом у 1954 році, коли на підставі результатів буріння трьох магістральних ліній на межиріччі Ірші-Тростяниці, було відкрите поховане розсипне родовище ільменіту – Межирічне (Титановые..., 1967). Упродовж 1953–1958 рр. Житомирською експедицією було відкрито родовища титану у корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту і в континентальних флювіальних відкладах осадового чохла.

Подальша розвідка і комплексне дослідження геологічної та геоморфологічної будови, речовинного складу рудоносних порід сприяли виокремленню в межах родовища декількох ділянок з різним ступенем розвіданості і перспективності: Осінова, Юрська, Середня, Емілівська, Букінська, Ісаківська, Південна, Рихтинська (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022). Геологорозвідувальною партією Іршинського гірничозбагачувального комбінату упродовж 1976–1977 рр на Букінській ділянці здійснено геологорозвідувальні роботи в результаті яких були підраховані запаси двоокису титану. У 2001 р. за матеріалами геологічного довивчення території аркуша М-35-ХІ (Коростень), яке було здійснено геолого-знімальним загоном № 10 Житомирської Комплексної геолого-розвідувальної партії «Північгеологія» разом із Правобережною геофізичною партією протягом 1991–1999 рр., складено Державну геологічну карту України (Костенко та ін., 2001). З 1995 року на Межирічному родовищі триває експлуатаційне буріння. У 2015 році отримано Спеціальний дозвіл на користування надрами Межирічного родовища з метою видобування титанових руд для отримання ільменітового концентрату та піску; 2017 року відбулась повторна геолого-економічна оцінка залишку усіх виявлених запасів корисних копалин на ділянках Середня, Емілівська, Юрська, Осінова та Букінська із розглядом і затвердженням їх Державною комісією України по запасах корисних копалин; 2018 року здійснено повторну геолого-економічну оцінку запасів Межирічного родовища титанових руд. (Фігура, Ковальчук, 2022). У результаті названих робіт були охарактеризовані геологічна будова родовища, морфологія рудних тіл; речовинний склад і технологічні властивості руд за геолого-промисловими типами; технології збагачення руд

і перспективи промислової переробки концентратів; гідрогеологічні, інженерно-геологічні та гірничотехнічні умови розробки родовища; оцінено вплив розробки родовища на стан довкілля; висвітлена методика геологорозвідувальних робіт.

Серед інших ділянок родовища, Букінська ділянка залишилася найменше охарактеризованою, через те, що її запаси перебувають у резерві. Поза увагою Букінську ділянку залишили й науковці. Дана стаття покликана ліквідувати цей пробіл і дати комплексну оцінку ільменітоносності різногенетичних і різновікових утворень, які у сукупності складають рудоносний потенціал ділянки.

**Мета публікації.** Дослідити ільменітоносність полігенно-поліхронної просторово-парагенетичної рудоносної системи в межах Букінської ділянки, яка складена рудоносними породами фундаменту, їх корою вивітрювання, континентальними алювіальними (апт-нижньоальбськими) відкладами (утворилися за рахунок розмиву і перевідкладення елювію) та узбережно-морськими (туронськими) утвореннями (утворилися за рахунок розмиву і перевідкладення нижньокрейдового алювію і частково кори вивітрювання).

**Результати досліджень.** Букінська ділянка займає східний фланг Межирічного родовища і безпосередньо прилягає до північно-західної околиці села Буки (рис. 1). На півдні ділянки протікає р. Добринка.

У геологічній будові Букінської ділянки беруть участь різні за віком і генезисом породи кристалічного фундаменту, їхня кора вивітрювання, мезозойські (нижньокрейдові континентальні та верхньокрейдові узбережно-морські), палеогенові (морські та континентальні), неогенові та четвертинні континентальні відклади (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022).

Породи кристалічного фундаменту представлені утвореннями коростенського інтрузивного комплексу палеопротерозою; нестратифіковані утворення кристалічного фундаменту представлені переважно породами основного складу габро-анортозитового комплексу, серед яких домінують анортозити, габро-анортозити (Костенко та ін., 2001). У породах кристалічного фундаменту ільменіт утворює нерівномірну вкрапленість. Мінерал присутній у вигляді зростків з титаномангнетитом, голчастих індивідів у тріщинах піроксенів та інших нерудних мінералів, а також у вигляді окремих зерен розміром до 1,5 мм у складі анортозитів, габро-анортозитів; утворює вкрапленість у вигляді ізометричних, призматичних, ідіоморфних зерен, агрегатів розміром 0,03–3,0 мм і агрегатів на периферії зерен піроксену – у габро, габро-норитах та норитах (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022).

На відміну від інших ділянок Межирічного

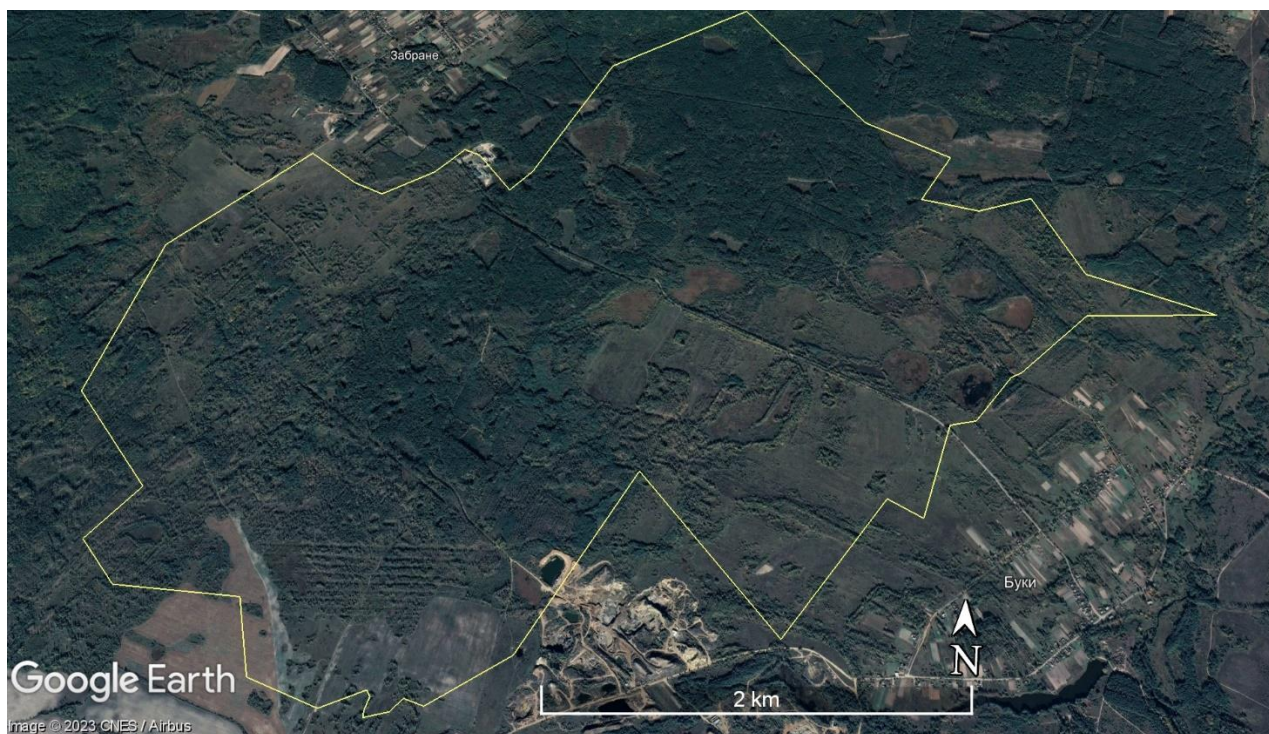


Рис. 1. Розташування Букінської ділянки на карті з порталу Google Earth Pro (контури ділянки подано в системі координат WGS-84) /

Fig. 1. The position of the Bukinska area on the map from the Google Earth Pro portal (the contours of the area are presented in the WGS-84 coordinate system)

родовища, у межах Букінської ділянки значні запаси ільменіту пов'язані з каоліновою корою вивітрювання. Кора вивітрювання кристалічних порід фундаменту має повсюдне поширення та вертикальну зональну будову. Промислово значуще зрудення ільменіту приурочене до кір вивітрювання габро-перидотитів і дрібнозернистого олівінового габро, де воно досягає 6-6,8 %. Максимальний вміст ільменіту в корі вивітрювання Букінської ділянки – 721,8 кг/м<sup>3</sup>. Нижній горизонт кори вивітрювання представлений жорсткою з каоліном. Ільменіт слабо змінений і містить до 52 % TiO<sub>2</sub>. Верхній горизонт кори вивітрювання – це каолінова порода з домішкою монтморилоніту. Тут ільменіт значно перетворений, зазнав регенерації та перекристалізації з утворенням зерен правильних обрисів і характеризується підвищеним вмістом TiO<sub>2</sub> (51,7-65,0 %); вміст сумарного заліза (FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 43,5-45,7%.

Континентальні флювіальні утворення іршанської світи (апт-нижній альб) виповнюють палеодепресії в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту. Вони представлені алювіальними і алювіально-делювіальними фаціями, які з розмивом залягають на корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту, для яких вона є плотиком, а у разі її відсутності – на кристалічних породах фундаменту. Представлені нижньокрейдові відклади пісками каоліністими кварцовими, рідше кварц-польовошпатовими, різно-крупнозер-

нистими з гравієм і галькою кристалічних порід та флювіальними перевідкладеними каолінами піщанистими з гравієм та незначною кількістю дрібної гальки. Подекуди трапляються верстви пісків кварцових, грубозернистих і гравійних. Глинисті мінерали представлені каолінітом з підпорядкованим вмістом гідрослюд. Піски і каоліни самостійно складають розріз, перешаровуються між собою, утворюють одне в одному лінзи і прошарки. Типові геологічні розрізи Букінської ділянки представлено на рис. 2.

Максимальний вміст ільменіту (кг/м<sup>3</sup>) в пісках – 1007,7; перевідкладених каолінах – 558,2; в делювіальних каолінах – 685,5.

Піщано-кременеві породи мошно-руднянської світи утворилися за мілководних узбережно-морських умов (Титановые..., 1967; Фігура, Ковальчук, 2022). Представлені відклади кременевим горизонтом з окремими, значної товщини прошарками і лінзами пісковика і окремєнілих вапняків, а також різнозернистими глауконіт-кварцовими пісками, у нижній частині горизонту зазвичай каоліністими, які виповнюють порожнини серед стяжінь кременю та утворюють невеликі прошарки. Верхня частина горизонту суттєво піщана. Залягають відклади здебільшого на утвореннях мошно-руднянської світи, іноді на корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту. Вміст ільменіту до 527,8 кг/м<sup>3</sup>.

Вище за розрізом залягають глини вуглисті

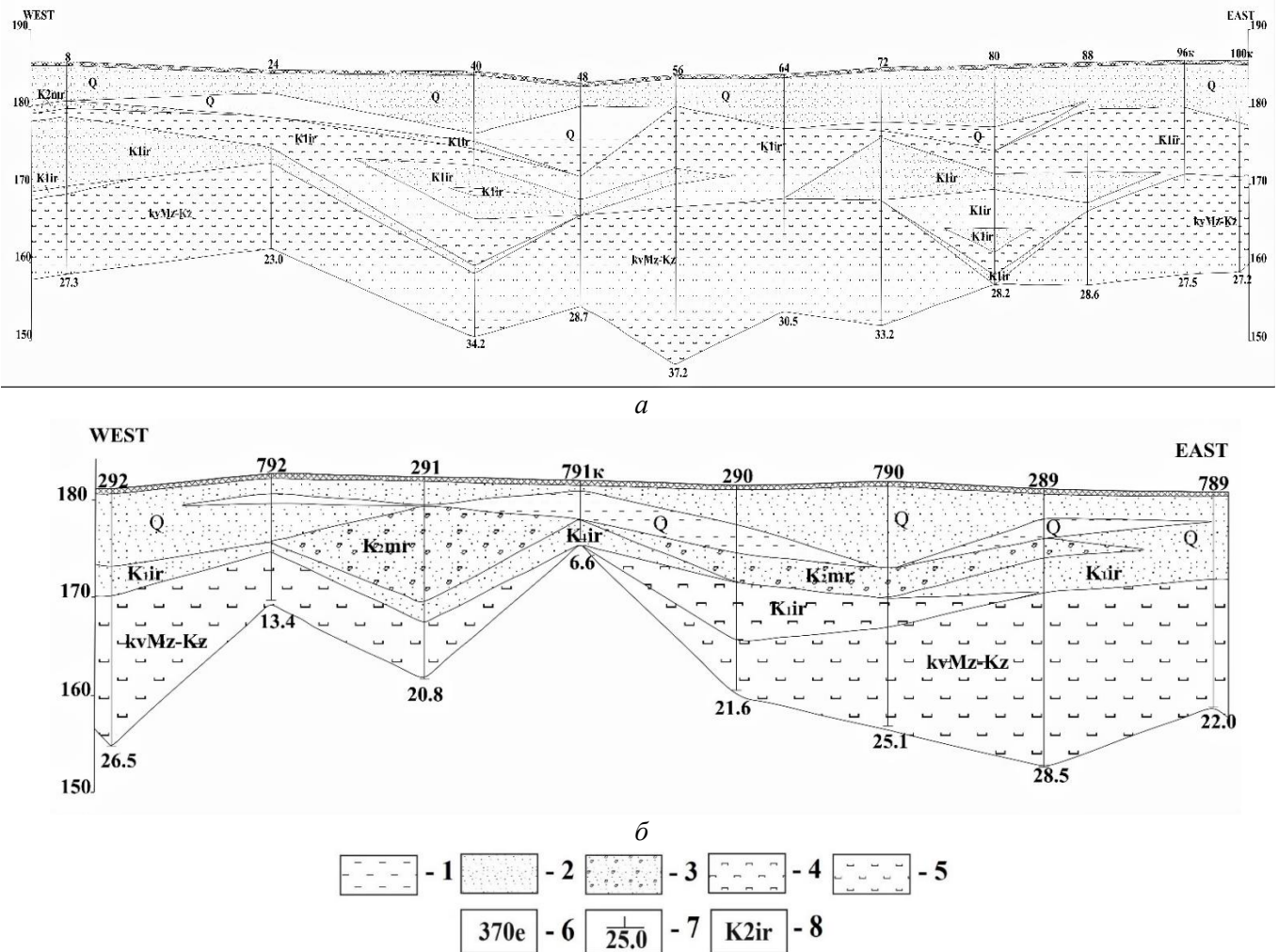


Рис. 2. Типові геологічні розрізи Букінської ділянки (побудовано за даними Нестеренко Т., 2018):  
 1 – суглинки, супіски; 2 – пісок; 3 – піщано-кремений горизонт; 4 – каолін перевідкладений, флювіальний; 5 – каолін елювіальний; 6 – номер свердловини; 7 – глибина свердловини; 8 – вік порід /  
 Fig. 2. A typical geological section of the Bukinska are (constructed according to the data of Nesterenko T., 2018):  
 1 – loam, sandy loam; 2 – sand; 3 – sand-silica horizon; 4 – redeposited, fluvial kaolin; 5 – eluvial kaolin; 6 – well number; 7 – depth of the well; 8 – the age of rocks

середнього еоцену, товщиною до 1,0 м, в яких вміст ільменіту досягає 8,2 кг/м<sup>3</sup>. Перекриваються вони утвореннями київської світи: глинами глауконітовими і пісками глауконітовими, глинистими товщиною до 2,0 м і 5,0 м відповідно і відповідним вмістом ільменіту 2,8 та 9,7 кг/м<sup>3</sup>. Відклади палеогену мають обмежене поширення. Над ними залягають підморенні (глини, суглинки, піски), моренні (суглинки, супіски) та надморенні (супіски, піски) відклади в яких максимальний вміст ільменіту встановлено у підморенних пісках (28,7 кг/м<sup>3</sup>). Завершують розріз четвертинні суглинки, супіски і піски в яких вміст ільменіту досягає 4,6-5,1 кг/м<sup>3</sup>.

Використовуючи координати 1613 свердловин, їх опис та дані опробування нами створено цільову базу даних, на основі якої побудовано ряд карт (карти латерального розподілу середнього вмісту ільменіту в кристалічних породах фундаменту, у жорстві і елювіальних каолінах кори

вивітрювання, у флювіальних каолінах і пісках іршанської світи, у піщано-кремєневих породах мошно-руднянської світи; карта рельєфу поверхні кристалічних порід фундаменту, карти рельєфу підшви, поверхні і товщини жорстви, елювіальних каолінів, каолінів і пісків іршанської світи та піщано-кремєневих порід мошно-руднянської світи) та графіки розподілу ільменіту у вертикальному перетині свердловин (рис. 3–7). Це дозволило дослідити структурні (характер рельєфу підшви, поверхні, товщина) і речовинні (літологічний склад, латеральний і вертикальний розподіл ільменіту) параметри рудовміщувальних відкладів. Глибина залягання поверхні кристалічних порід 2,0–47,5 м. Абсолютні відмітки покрівлі кристалічних порід фундаменту становлять 127,09–175,3 м (рис. 3 а). Товщина порід, на яку здійснювалося опробування – 0,15–17,4 м. Середньозважений вміст ільменіту 0,18–21,71 кг/м<sup>3</sup> (рис. 3 б).

Рудне тіло кори вивітрювання пластової мор-

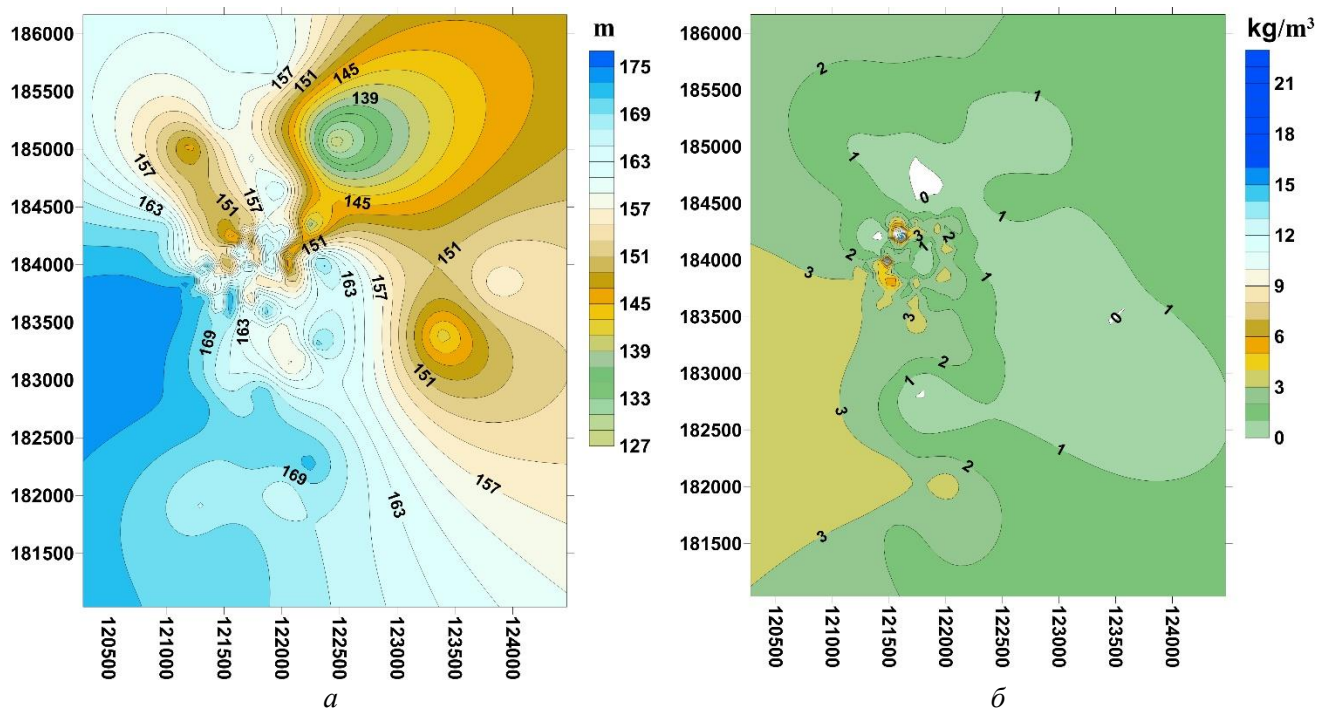


Рис. 3. Карти ізогіпс поверхні (а) кристалічних порід фундаменту та латерального розподілу в них середнього вмісту (кг/м<sup>3</sup>) ільменіту (б) /

Fig. 3. Maps of isogypses of the top (a) of the crystalline rocks of the foundation and lateral distribution in their of the average content (kg/m<sup>3</sup>) of ilmenite (b)

фології, має площове поширення, залягає горизонтально, субгоризонтально і складене каолінітом, монтморилонітом, гідрослюдами; в нижній частині профілю присутні неповністю розкладені пороутворювальні та рудні мінерали; у місцях понижень покрівлі незмінених корінних порід присутня їх жорсткість та уламки.

Абсолютні відмітки підосви і покрівлі горизонту жорсткості становлять 180,1-142,2 м (перепад висот 37,9 м) та 143,6-183,1 м (перепад висот 39,5 м) відповідно; товщина – 0,4-14,0 м (рис. 4, а, б, в). Середньозважений вміст ільменіту становить 2,02-232,95 кг/м<sup>3</sup> (рис. 4 г). Вміст ільменіту в жорсткості понад 150 кг/м<sup>3</sup> приурочений до абсолютних відміток покрівлі і підосви 171,4-168,5 м та 166,5-169,4 м відповідно; товщина відкладів – 1,0-2,0 м.

Абсолютні відмітки підосви і покрівлі елювіальних каолінів становлять 180,1-127,09 м (перепад висот 53,01 м) та 151,3-182,2 м (перепад висот 30,9 м) відповідно; товщина – 0,5-38,05 м (рис. 5 а, б, в). Середньозважений вміст ільменіту становить 1,05-403,65 кг/м<sup>3</sup> (рис. 5 г). Вміст ільменіту в каолінах понад 200 кг/м<sup>3</sup> приурочений до абсолютних відміток покрівлі і підосви 170,99-165,1 м та 159,5-167,3 м відповідно; товщина відкладів – 0,5-8,1 м.

Алювіальні та алювіально-делювіальні розсипи залягають у формі горизонтальних та субгоризонтальних пластів, лінзоподібних тіл; часто лінійно видовжені в плані, рідше – мають форму

неправильних конфігурацій. Алювіально-делювіальні відклади залягають здебільшого у верхній частині континентальної товщі, зрідка – в базальній. Ширина алювіально-делювіальних розсипів іноді понад 1,0 км; товщина пласта розсипу становить 3,0-14,0 м збільшуючись до центральної частини ділянки. Середній вміст ільменіту на пласт становить 39-86 кг/м<sup>3</sup>.

Абсолютні відмітки підосви і покрівлі пісків іршанської світи становлять 187,1-161,5 м (перепад висот 25,6 м) та 153,3-184,07 м (перепад висот 30,77 м) відповідно; товщина 0,5-25,5 м (рис. 6 а, б, в). Середньозважений вміст ільменіту – 0,15-674,5 кг/м<sup>3</sup> (рис. 6 г). Вміст ільменіту в пісках понад 500 кг/м<sup>3</sup> приурочений до абсолютних відміток покрівлі і підосви 176,2-168,1 м та 165,5-173,2 м відповідно; товщина відкладів – 1,0-5,0 м. У переважній більшості рудне тіло представлено одним пластом, рідкісно – двома.

Абсолютні відмітки підосви і покрівлі перевідкладених каолінів іршанської світи становлять 186,5-158,6 м (перепад висот 27,9 м) та 154,6-180,90 м (перепад висот 26,3 м) відповідно; товщина 0,3-19,0 м (рис. 7 а, б, в). Середньозважений вміст ільменіту – 0,45-399,35 кг/м<sup>3</sup> (рис. 7 г). Вміст ільменіту в каолінах понад 300 кг/м<sup>3</sup> приурочений до абсолютних відміток покрівлі і підосви 177,7-174,37 м та 170,95-176,7 м відповідно; товщина відкладів – 1,0-5,0 м.

Абсолютні відмітки підосви і покрівлі піщано-кременевого горизонту мошно-руднянської

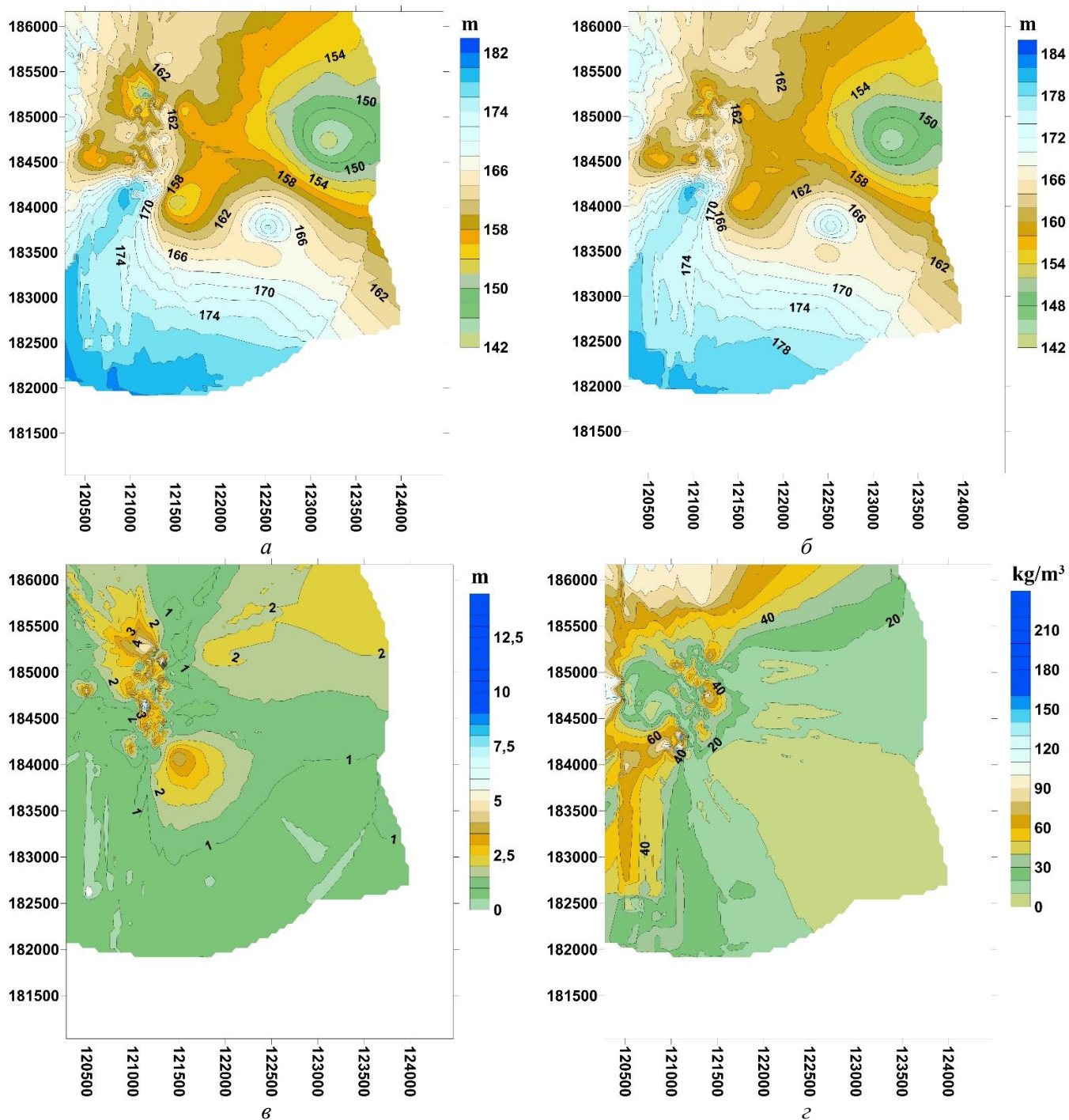


Рис. 4. Карти ізогіпс підосви (а), поверхні (б), ізопакіт товщини (в) жорстви та латерального розподілу в породі середнього вмісту (кг/м<sup>3</sup>) ільменіту (г) /  
 Fig. 4. Maps of isogypses of the bottom (a), of the top (b), isopachites of the thickness (c) of gruss and the lateral distribution in the rock of the average content (kg/m<sup>3</sup>) of ilmenite (d)

світи становлять 185,57-157,8 м (перепад висот 27,77 м) та 156,8-184,57 м (перепад висот 27,77 м) відповідно; товщина 0,5-14,0 м (рис. 8 а, б, в). Середньозважений вміст ільменіту – 0,1-382,05 кг/м<sup>3</sup> (рис. 8 г).

Таким чином, морфологія ільменітвмісних відкладів кори вивітрювання, іршанської та мощно-руднянської світ складна, зі значними перепадами висот їхньої підосви і покрівлі – 25,6-53,01 м та 26,3-39,5 м відповідно. Рельєф підос-

ви і покрівлі здебільшого нерівний з западинами і підвищеннями (див. рис. 3 а; 4 а, б; 5 а, б; 6 а, б; 7 а, б; 8 а, б).

Між рельєфом підосви і покрівлі кристалічних порід фундаменту (нижня межа визначалася за глибиною опробування), жорстви кори вивітрювання, піщано-кременевого горизонту кореляційним аналізом встановлено прямий сильний кореляційний зв'язок («+» 0,962; «+» 0,939; «+» 0,862 відповідно); між рельєфом підосви і покрі-

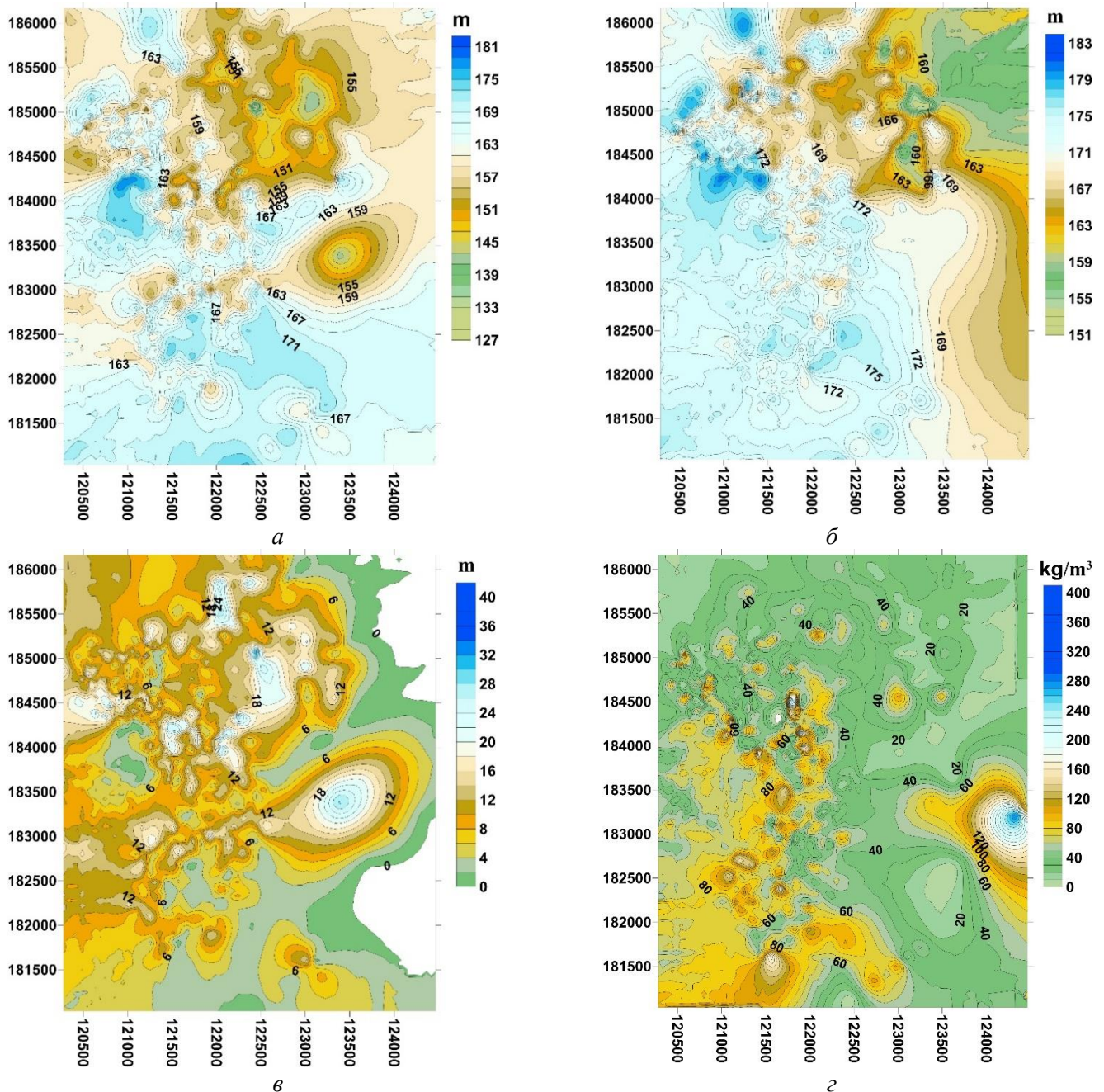


Рис. 5. Карти ізогіпс підшови (а), поверхні (б), ізопакіт товщини (в) елювіальних каолінів та латерального розподілу в породі середнього вмісту (кг/м<sup>3</sup>) ільменіту (г) / Fig. 5. Maps of isogypses of the bottom (a), of the top (b), isopachites of the thickness (c) of eluvial kaolins and the lateral distribution in the rock of the average content (kg/m<sup>3</sup>) of ilmenite (d)

влі елювіальних каолінів, флювіальних каолінів, алювіальних пісків встановлено прямий середній кореляційний зв'язок («+») 0,513; «+») 0,527; «+») 0,585 відповідно).

Кореляційні зв'язки між вмістом ільменіту і товщиною рудовмісних утворень дуже слабкі: прямі – для кристалічних порід (інтервал опробування) фундаменту («+») 0,155), флювіальних каолінів («+») 0,123), піщано-кременевого горизонту («+») 0,165) та зворотні – для жорсткості («-») 0,178), елювіальних каолінів («-») 0,193), флювіальних пісків («-») 0,117).

Різні за силою зворотні кореляційні зв'язки встановлено між товщиною рудовмісних утворень і рельєфом їхньої підшови: в породах кристалічного фундаменту, в жорсткості, в алювіальних каолінах, в піщано-кременевому горизонті помірної сили («-») 0,442; («-») 0,318; («-») 0,355; («-») 0,378 відповідно); в елювіальних каолінах – сильний («-») 0,788), алювіальних пісках – середній («-») 0,636).

Дослідження вертикального розподілу ільменіту в перетині свердловин представлено на рис. 9. Розподіл ільменіту у вертикальному перетині



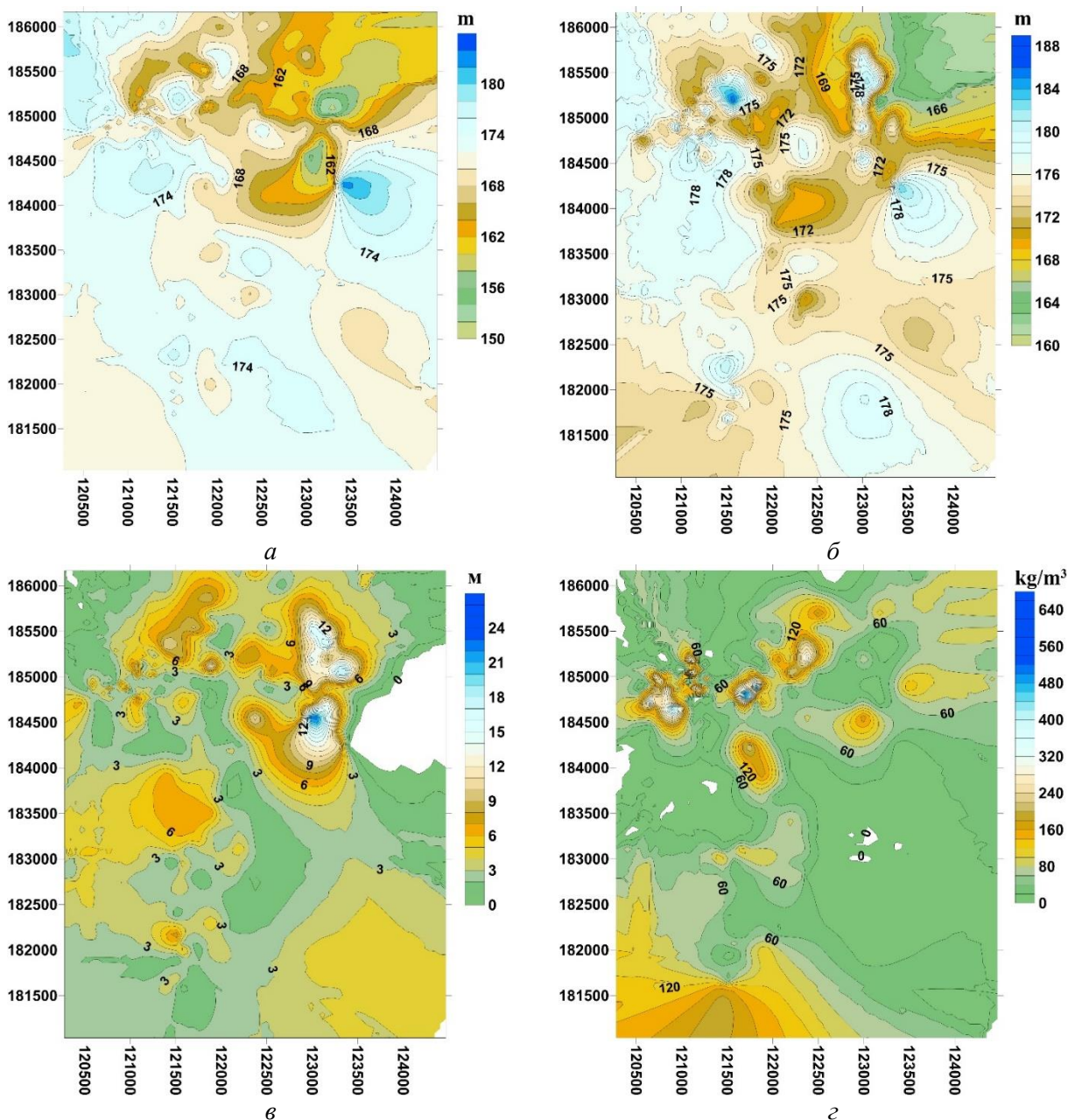


Рис. 6. Карти ізогіпс підшови (а), поверхні (б), ізопахіт товщини (в) пісків іршанської світи та латерального розподілу в породі середнього вмісту ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) ільменіту (г) /

Fig. 6. Maps of isogypses of the bottom (a), of the top (b), isopachites of the thickness (c) of sands of the Irshan suite and the lateral distribution in the rock of the average content ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) of ilmenite (d)

порід такий: у кристалічних породах фундаменту – рівномірний (див. рис. 9 е, є); у жорстві з незначними горизонтами збагачення (див. рис. 9 з, и, і); в елювіальних каолінах – нерівномірний з горизонтами збагачення здебільшого у середній (див. рис. 9 а, б, в, е, з), верхній (див. рис. 9 г, д), іноді горизонти збагачення наявні у нижній, середній і верхній (див. рис. 9 є) частинах розрізу, іноді розподіл мінералу рівномірний (див. рис. 9 и, і); у пісках іршанської світи – в нижній (див. рис. 9 з), середній і верхній (див. рис. 9 а) частинах розрізу; у перевідкладених флювіальних каолінах – у верхній (див. рис. 9 є), нижній (див. рис. 9 г), нижній і середній (див. рис. 9 ж), середній (див. рис. 9 д),

е) частинах розрізу; в піщано-кремневому горизонті – здебільшого рівномірний, іноді збільшується вгору за розрізом (див. рис. 9 в), а іноді зменшується (див. рис. 9 д).

У відкладах іршанської світи у випадку перешарування пісків з каолінами вміст ільменіту у пісках, що залягають вище за розрізом менший за вміст у пісках, що залягають нижче (див. рис. 9 г, д, і).

#### Висновки.

Використовуючи координати 1613 свердловин, їх опис та дані опробування авторами укладено цільову базу даних, на основі якої створено: карти латерального розподілу середнього вмісту

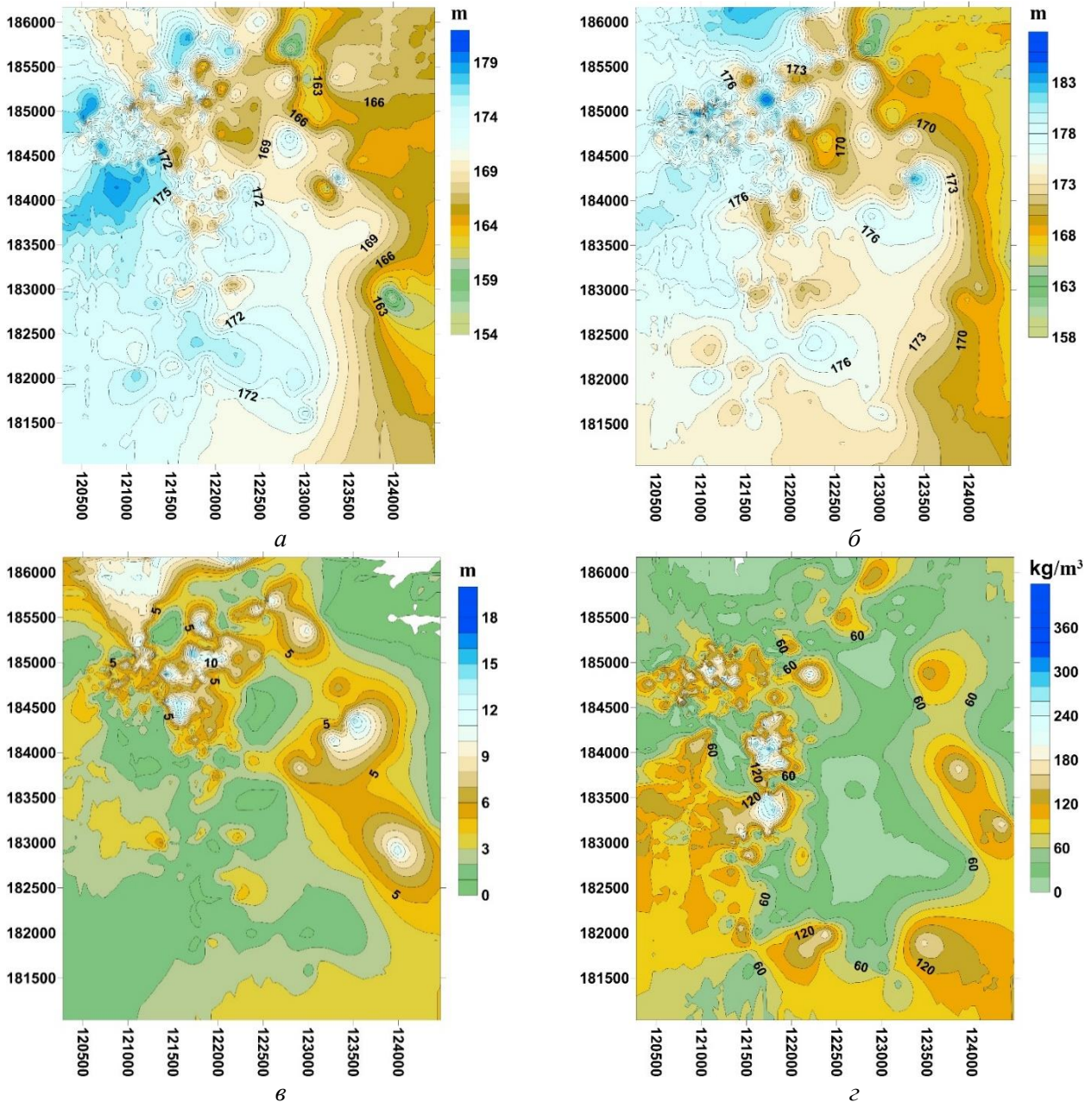


Рис. 7. Карти ізогіпс підшови (а), поверхні (б), ізопахіт товщини (в) флювіальних каолінів іршанської світи та латерального розподілу в породі середнього вмісту (кг/м<sup>3</sup>) ільменіту (г) /  
 Fig. 7. Maps of isogypses of the bottom (a), of the top (b), isopachites of the thickness (c) of fluvial kaolins of the Irshan suite and the lateral distribution in the rock of the average content (kg/m<sup>3</sup>) of ilmenite (d)

ільменіту в кристалічних породах фундаменту, у жорстві і елювіальних каолінах кори вивітрювання, у флювіальних каолінах і пісках іршанської світи, у піщано-кременевих породах мошно-руднянської світи; карта рельєфу поверхні кристалічних порід фундаменту, карти рельєфу підшови, поверхні і товщини жорстви, елювіальних каолінів, каолінів і пісків іршанської світи та піщано-кременевих порід мошно-руднянської світи, а також та побудовано графіки розподілу ільменіту у вертикальному перетині свердловин. Це дозволило дослідити структурні (характер рельєфу підшови, поверхні, товщина) і речовинні (літологічний склад, латеральний і вертикальний

розподіл ільменіту) параметри рудовміщувальних відкладів та якісно і кількісно оцінити рудоносний потенціал полігенно-поліхронної просторово-парагенетичної системи Букінської ділянки.

Рудоносність Букінської ділянки представлена різночасовою і різногенетичною просторово-парагенетичною рудною системою, яка складена титановмісними породами кристалічного фундаменту, їхніми корами вивітрювання, континентальними (апт-альб) продуктами розмиву і перевідкладення елювію (іршанська світа), узбережно-морськими (турон) продуктами (мошно-руднянська світа) часткового розмиву і перевідкладення континентальних відкладів апту-

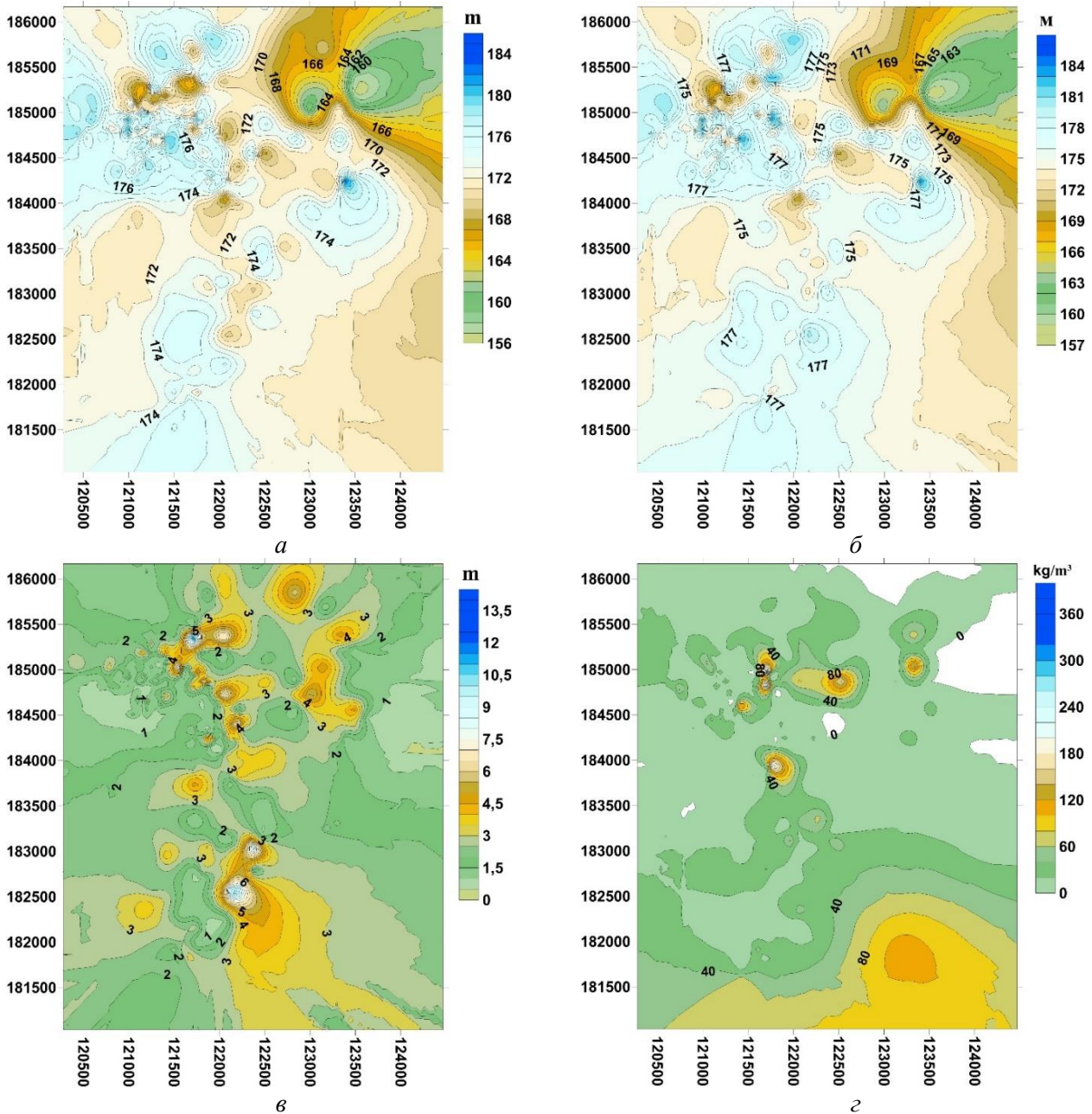


Рис. 8. Карти ізогіпс підоснови (а), поверхні (б), ізопакіт товщини (в) піщано-кремєневих порід мошно-руднянської світи та латерального розподілу в породі середнього вмісту (кг/м<sup>3</sup>) ільменіту (г) / Fig. 8. Maps of isogypses of the bottom (a), of the top (b), isopachites of the thickness (c) of sand-siliceous rocks of the moshno-rudnyan suite and the lateral distribution in the rock of the average content (kg/m<sup>3</sup>) of ilmenite (d)

альбу.

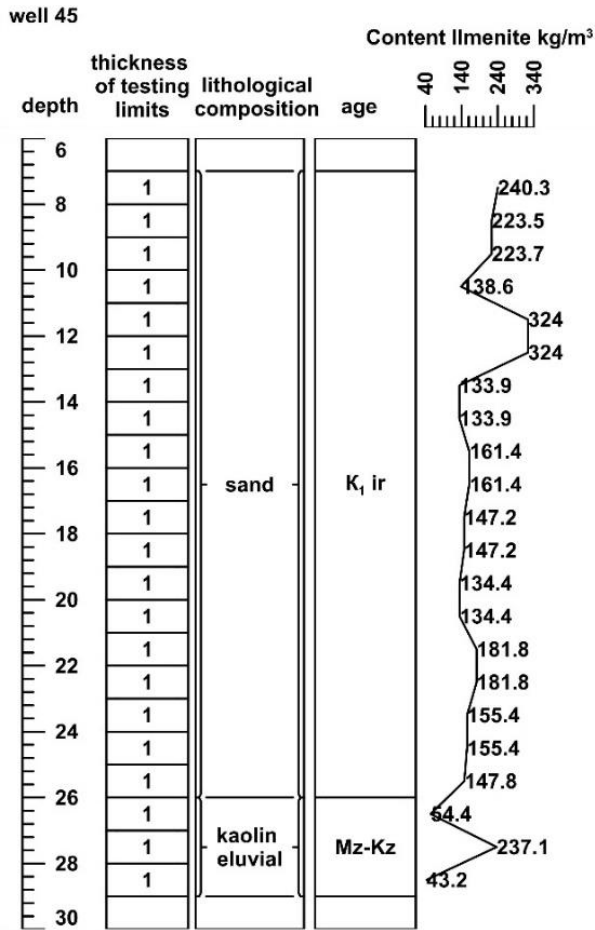
Кора вивітрювання кристалічних порід фундаменту слугувала плотиком для алювіальних (частково алювіально-делювіальних, делювіальних) нижньокрейдових відкладів іршанської світи, а подекуди й піщано-кремєневих утворень мошно-руднянської світи.

Продуктивні поклади ільменіту локалізовані в корі вивітрювання кристалічних порід фундаменту та у пісках і каолінах іршанської світи аптунижнього альбу, які виповнюють палеодепресії в елювіальній товщі та є її продуктом розмиву і перевідкладення. Іноді до складу верхньої частини

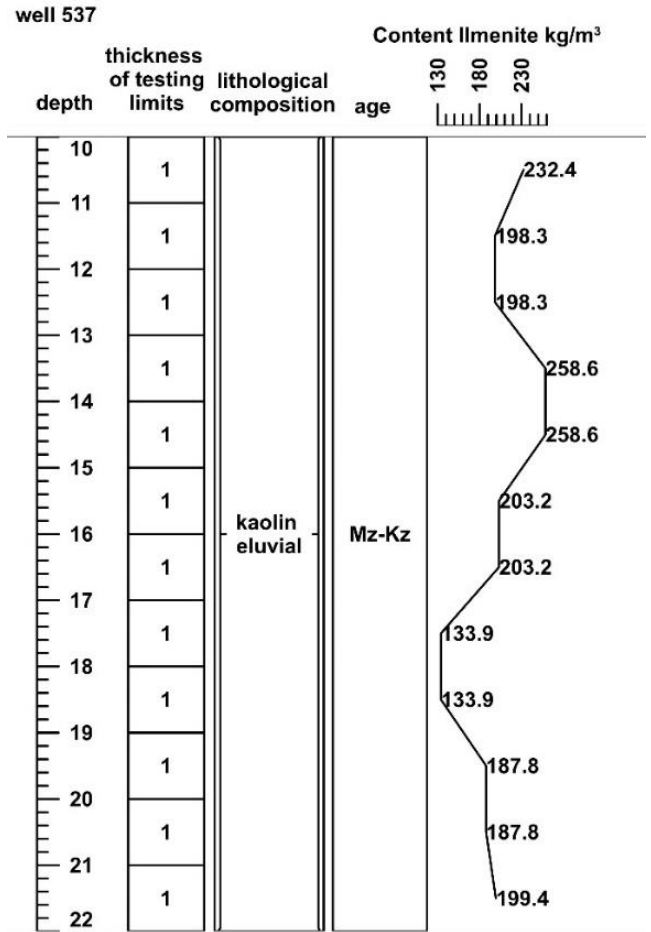
промислового пласта можна залучати піщано-кремєністі породи мошно-руднянської світи, якщо вміст ільменіту сягає понад 15 кг/м<sup>3</sup>.

Морфологія ільменітвмісних відкладів кори вивітрювання, іршанської та мошно-руднянської світ складна, зі значними перепадами висот їхньої підоснови і покрівлі – 25,6-53,01 м та 26,3-39,5 м відповідно. Рельєф підоснови і покрівлі здебільшого нерівний із западинами і підвищеннями. Значний перепад висот покрівлі і підоснови продуктивних відкладів обумовив складну конфігурацію розсипу.

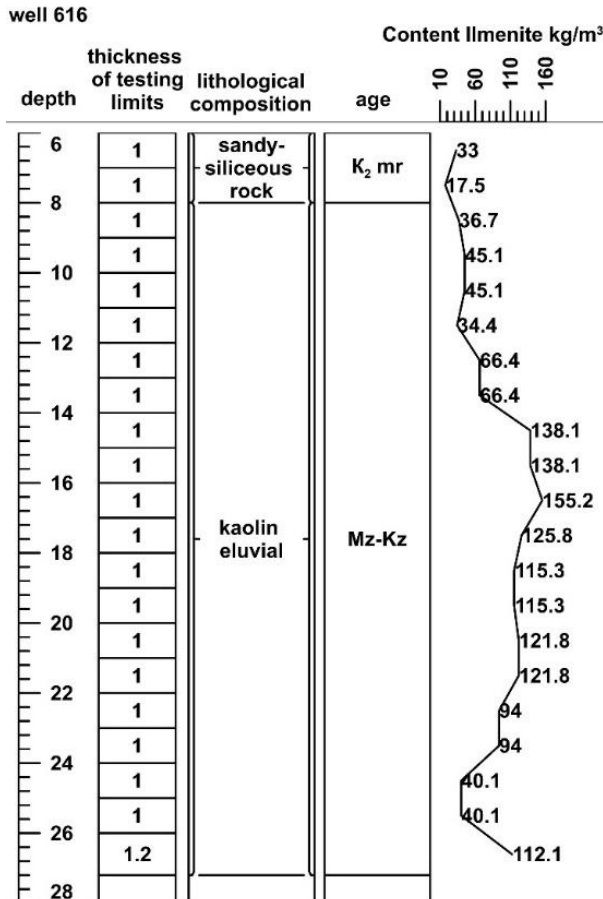
Фаціальна неоднорідність відкладів іршансь-



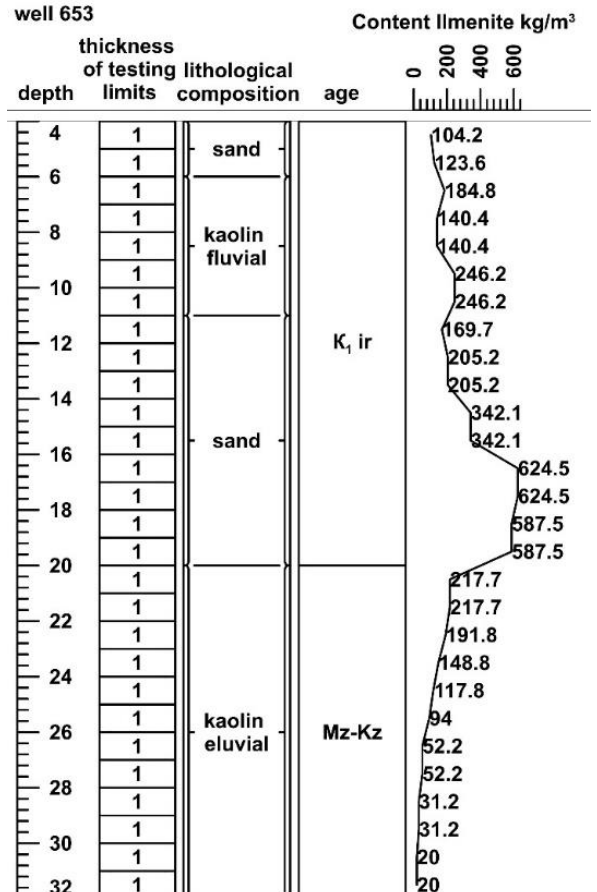
a



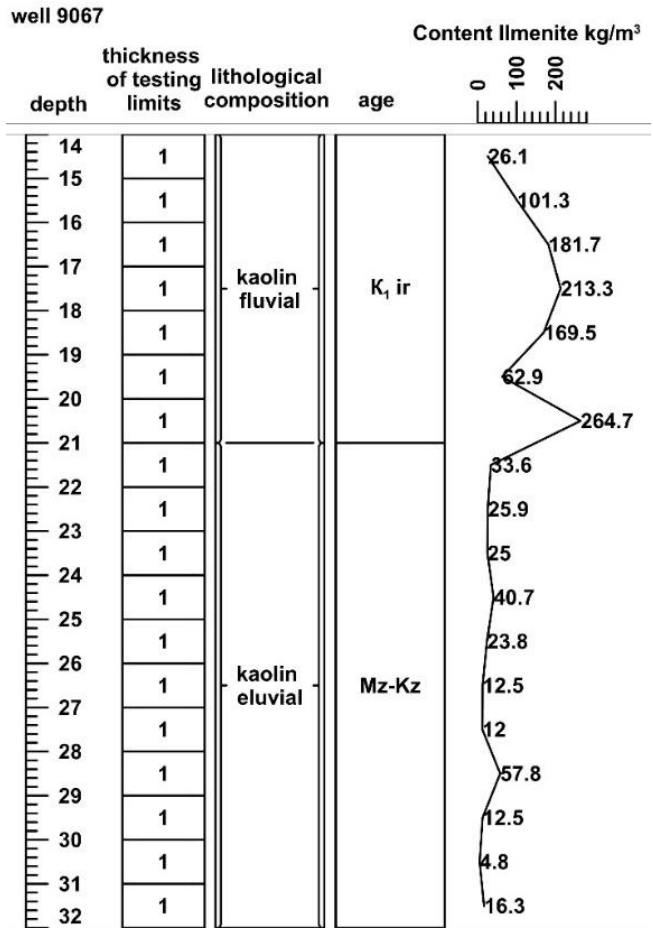
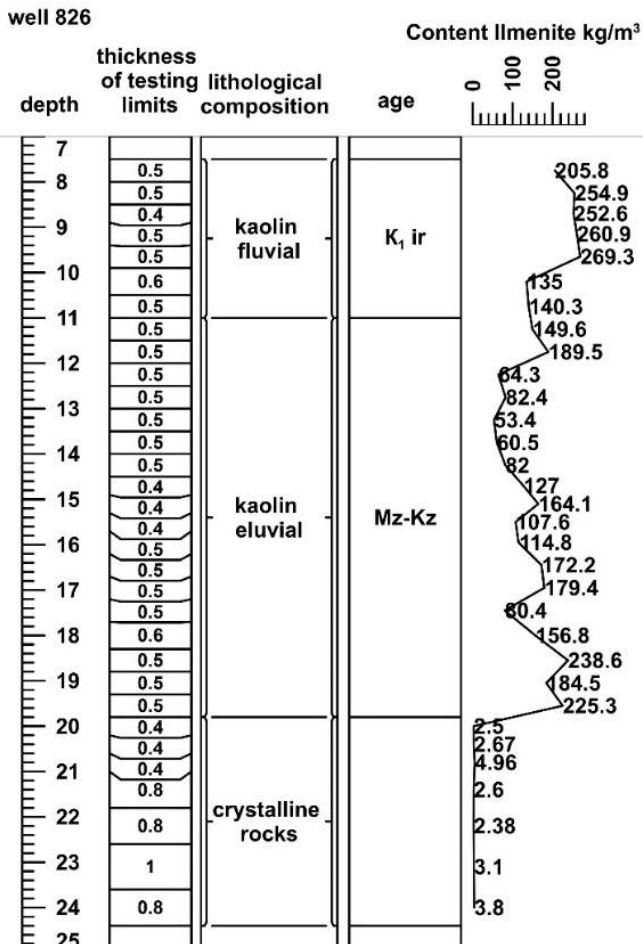
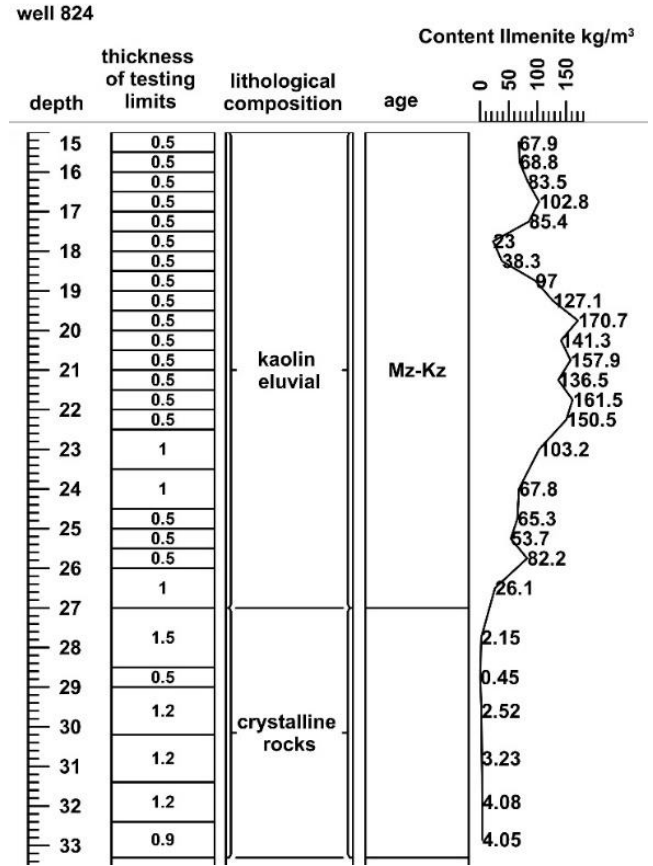
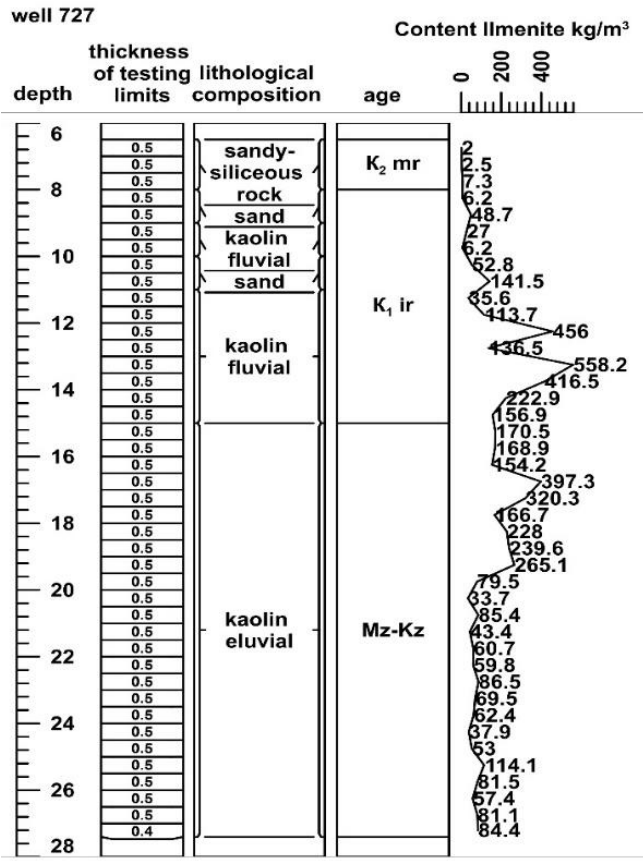
b



6



2



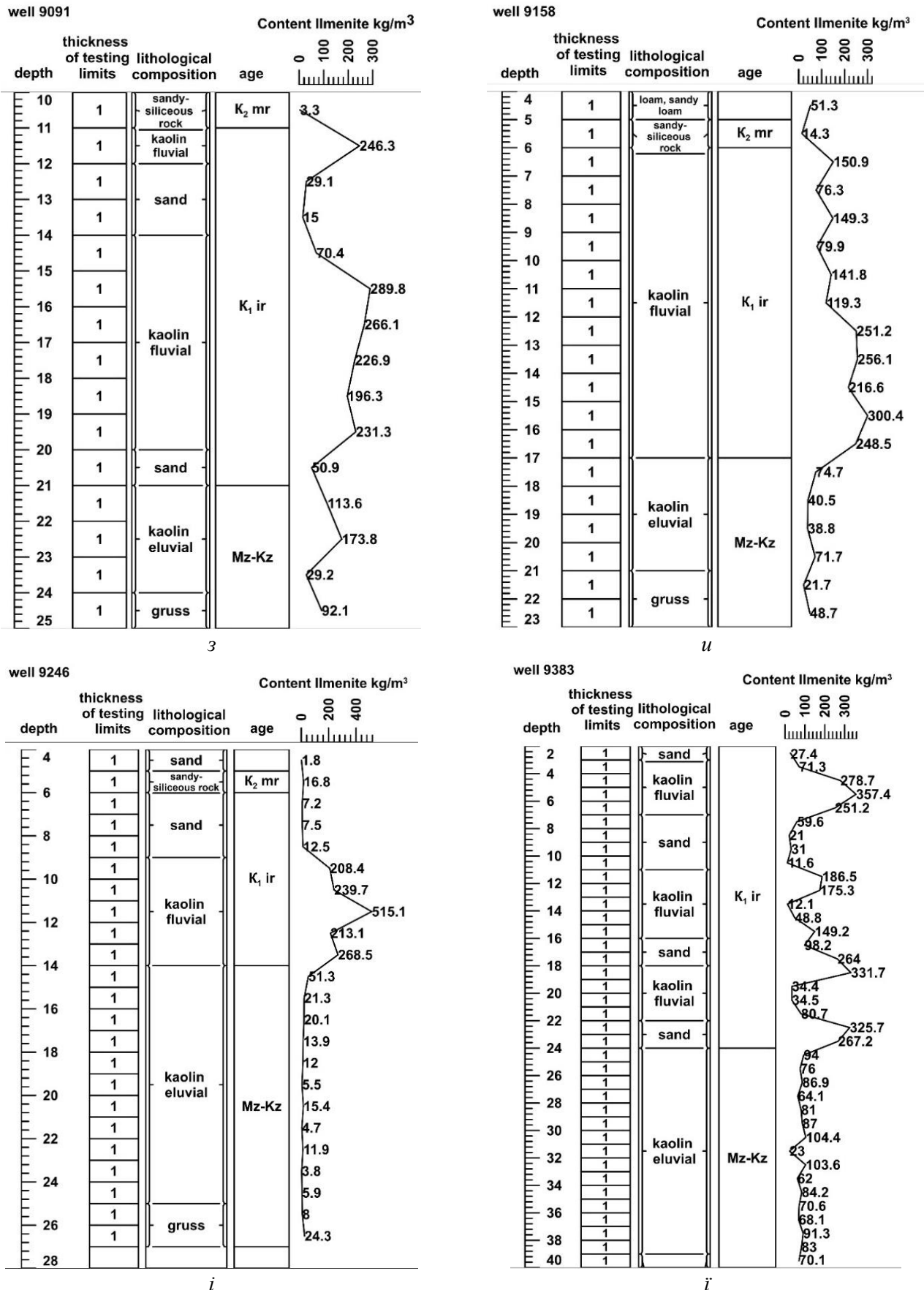


Рис. 7. Колонки розподілу ільменіту у вертикальному перетині свердловин: а – № 45; б – № 537; в – № 616; г – № 653; д – № 727; е – № 824; є – № 826; ж – № 9067; з – № 9091; у – № 9158; і – № 9246; і – № 9383 /

Fig. 7. Columns of distribution of ilmenite in the vertical cross-section of wells: a – № 45; b – № 537; c – № 616; d – № 653; e – № 727; f – № 824; g – № 826; h – № 9067; i – № 9091; j – № 9158; k – № 9246; l – № 9383

кої світи обумовила різну будову геологічного розрізу на окремих ділянках, перешарування, вищарування певних літотипів, їх лінзоподібну, стрічкоподібну форму.

Продуктивний горизонт в межах Букінської ділянки має різну будову і представлений різними за віком, генезисом та літологічним складом породами: корою вивітрювання кристалічних порід фундаменту, континентальними флювіальними каолінами, пісками іршанської світи та їх перешаруванням. Іноді до продуктивного горизонту (за відповідного вмісту ільменіту) включають мілководні узбережно-морські піщано-кремневі породи мошно-руднянської світи.

Збагачення ільменітом кори вивітрювання є віддзеркаленням його розподілу і вмісту у материнських породах кристалічного фундаменту, натомість вертикальний і латеральний розподіл ільменіту у відкладах апту-альбу здебільшого визначається фаціальними обстановками їх утворення та літологічним складом відкладів і, меншою мірою – наявністю ділянок збагачення в елювіальній товщі. Вміст ільменіту у відкладах мошно-руднянської світи турону обумовлений, головним чином, рудоносністю відкладів іршанської світи, а його просторовий розподіл – фаціальними умовами розсипоутворення.

З'ясовано, що вертикальний розподіл ільменіту здебільшого нерівномірний як в межах одного так і різних літотипів. Вміст ільменіту може зменшуватися або зростати в напрямку від підошви до покрівлі порід, або утворювати горизонти збагачення в середній частині розрізу. Як правило, присутній один горизонт збагачення, іноді декілька (до п'яти), які локалізуються на різних гіпсометричних рівнях.

Отримані результати вказують на складний взаємозв'язок між різновіковими і різногенетичними рудоносними утвореннями. Ділянки збагачення ільменітом у різновікових та різногенетичних відкладах збігаються не часто.

Результати досліджень характеризують особливості розподілу ільменіту у різновіковій, різногенетичній, просторово-парагенетичній системі, сукупний рудоносний потенціал якої є значним і представляє практичний інтерес.

У разі експлуатації ресурсів Букінської ділянки, до розробки доцільно залучити усі складові рудоносної системи (кору вивітрювання, континентальні та узбережно морські відклади крейди).

Результати досліджень можуть слугувати інформаційною базою для супроводу видобувних робіт у межах Букінської ділянки.

#### Список використаної літератури

1. Белоус Я.Т. Титан (геолого-экономический обзор). Київ: Геоинформ, 1998. 48 с.
2. Битва за титан URL: <https://day.kyiv.ua/article/ekonomika/bytva-za-tytan> (дата звернення 11.08.2023).
3. Бочай Л.В., Гурський Д.С., Веселовський Г.С. та ін. Головні геолого-промислові типи титанових і цирконієвих розсипних родовищ України та умови їх утворення // Мінеральні ресурси України. 1998. № 3. С. 10-13.
4. Василенко А.П. Мінерально-сировинна база України. Стаття 2. Стан мінерально-сировинної бази металічних корисних копалин України та основні напрями геологорозвідувальних робіт. // Мінеральні ресурси України. 2014. № 3. С. 3-6.
5. Василенко А.П., Трохименко В.М. Перші результати проведення моніторингу та наукового супроводження розробки розсипних титанових родовищ у межах західної частини УЩ//Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2014. № 1. С. 33-39.
6. Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Аркуш М-35-ХІ (Коростень) / Костенко М.М. та ін.; Мін-во екології та природ. ресурсів України, Північ. держ. регіон. геол. під-во «Північгеологія». Київ, 2001. 145 с.
7. Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. та ін. Мінерально-сировинний комплекс та сталий розвиток України. Київ: Логос, 2014. 232 с.
8. Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Металічні корисні копалини. Київ-Львів: Центр Європи, 2005. Т. 1. 785 с.
9. Інвестиційний атлас надрокористувача (стратегічні та критичні мінерали) 2021. URL: <http://nadraukrayny.com.ua/wp-content/uploads/2021/01/%D0%86%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D1%96%D0%B8%CC%86%D0%BD%D1%96-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D1%96%D1%96%CC%88.pdf> (дата звернення 11.08.2023)
10. Ковальчук М.С., Сукач В.В. Просторово-парагенетична, полігенно-поліхронна золоторудна система Солоняньського рудного поля // Тектоніка і стратиграфія. 2018. № 45. С. 123-132.
11. Ковальчук М.С. Геолого-генетичні моделі рудоносних кір вивітрювання та продуктів їх розмиву і перевідкладення. Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: Збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка (14-16 травня 2019 р., м. Київ). У 2-х томах. Київ: НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. 2019. Т. 2. С. 53-54.
12. Лисиченко Г.В., Яценко В.Г., Земсков Г.О. та ін. Стратегічні мінеральні ресурси України: титан, скандій, нікель, кобальт. Київ: Логос, 2012. 167 с.
13. Металіди В.С., Гурський Д.С. Титан України. Мінеральні ресурси України. 2009. № 3. С. 11-17.

14. Рудько Г.І., Бала Г.Р. Критична мінеральна сировина та її перспективи в Україні. Мінеральні ресурси України. 2021. № 2. С. 3-14. [URL:https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.3-14](https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.3-14).
15. Таранюк Л.М., Макаренко Т.Ю. Дослідження діяльності титанової галузі в системі формування євроінтеграційного розвитку економіки країни. // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки. 2019. Вип. 34. С. 41-44. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2019-34-8>
16. Титановые и титано-циркониевые россыпи Украинской ССР / Глав. ред. Н.П. Семенов, отв. ред. М.Ф. Веклич. Киев: АН УССР, Ин-т геол. наук, Сектор геогр., Ин-т экономики СОПС, Мин-во геол. УССР, Ин-т минер. рес., 1967. 850 с.
17. Фігура Л.А., Ковальчук М.С. Рудоносність Осинової ділянки Межирічного родовища титанових руд. Геохімія та рудоутворення. 2022. Вип. 43. С. 59-73. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.059>
18. Цымбал С.Н., Полканов Ю.А., Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наук. Думка. 1975.248 с.
19. Цымбал С.Н., Дядченко М.Г., Личак И.Л., Половко Н.И., Заруцкий К.М., Проскурин Г.П. Закономерности размещения и источники питания титановых и титано-циркониевых россыпей Украины // Древние и погребенные россыпи СССР. Т.1. Киев: Наукова думка. 1977. С. 84-92.
20. Хруцов Д.П., Ковальчук М.С., Ремезова Е.А. и др. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций. Киев: Интерсервис, 2017. 352 с.
21. Mineral Commodity Summaries 2020. Reston : U.S. Geological Survey, 2020. 204 p. (режим доступу: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>)

**Внесок авторів:** всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

## Polychronic-polygenic spatial-paragenetic ilmenite bearing of the Bukinska area of the Mezhyrichny deposit of titanium ores

*Lubov Figura*<sup>1</sup>

PhD (Geology), Senior Researcher,

<sup>1</sup> Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine  
55b O. Gonchar St., Kyiv, 01601, Ukraine;

*Myron Kovalchuk*<sup>1</sup>

DSc (Geology), Professor, Head of the Department of Lithology

### ABSTRACT

**Introduction.** The primary task, aimed at meeting the needs of our own titanium raw materials, is to put into operation as soon as possible the deposits in which spatially and paragenetically different ore bearing capacity is combined in a spatial and paragenetic way and which have sufficient detail been studied. One of these deposits is Mezhyrichne, which is located within the Volyn megablock, in the central part of the Korosten pluton, Zhytomyr region. Within the deposit, several areas have been identified, including Bukinska.

**The purpose of the publication.** To investigate the ilmenite ore-bearing of the polygenic-polychronic spatial-paragenetic ore-bearing system within the Bukinska area, which is composed of ore-bearing rocks of the foundation, their weathering crust, continental alluvial (Aptian-Lower Albian) deposits (formed due to erosion and redeposition of eluvium) and coastal-sea (Turonian) formations (formed due to erosion and redeposition of Lower Cretaceous alluvium and partially weathering crust).

**Materials and Methodology.** The methodical and methodological basis of the research was the work of the authors on the structural and lithological modeling of placers of heavy minerals. The actual material for the studies were the production reports and scientific publications. A target database was created for cartographic modeling of the structure and quality indicators (distribution of ilmenite content along the lateral spread and vertical cross-sections of wells) of the rocks. The database contains the coordinates of 1635 wells, their description, test results. Cartographic constructions were made in Inkscape, Golden Software Strater, and Golden Software Surfer software. Correlations between certain parameters of ore-bearing sediments were studied in Microsoft Excell.

**Main Results.** Information on the geological structure of the Bukinska area of the Mezhyrichne titanium ore deposit is given. It has been found that the ore-bearing potential of the area is determined by a polygenic-polychronic spatially-paragenetically connected ore system. This ore system is composed of titanium-bearing rocks of the crystalline basement of the Volodarsk-Volyn complex, their weathering crusts, Lower Cretaceous continental, Upper Cretaceous coastal – marine products of erosion and redeposition of eluvium and to a lesser extent and partially heterogeneous formations of the Quaternary system. Maps of the relief of the bottom, the top surface and thickness of the ore-bearing rocks have been constructed. The lateral distribution of the average ilmenite content in all rock types was studied. The directionality and strength of correlations were investigated. The peculiarities of the distribution of ilmenite in the vertical section of formations of different ages and different genesis have been clarified.

**Conclusions.** A target database was created, on the basis of which a set of maps was built, which made it possible to study the structural and material parameters of ore-bearing deposits. The ore-bearing potential of the polygenic-



polychronic spatial-paragenetic system of the Bukinska area was qualitatively and quantitatively assessed. It has been found that the Bukinska area, within which there is a spatially and paragenetically combined temporal and heterogeneous ore bearing, has a significant ore-bearing potential and is attractive for investment. The obtained results are an information base for supporting mining operations.

**Keywords:** Korostenky pluton, Mezhyrichny deposit, Bukinska area, ilmenite ores, crystalline rocks of the foundation, weathering crust, sediments of the Cretaceous system, Irshan and Moshno-Rudnyan suites.

### References

1. Belous Y.T. (1998). Titan (geological and economic survey). Kyiv: Geoinform, 48.
2. Battle for Titan URL: <https://day.kyiv.ua/article/ekonomika/bytva-za-tytan> (access date 08/11/2023). [in Ukrainian]
3. Bochai L.V., Gurskyi D.S., Veselovskyi G.S. et. (1998). The main geological and industrial types of titanium and zirconium placer deposits of Ukraine and conditions of their formation. Mineral resources of Ukraine. № 3. P. 10–13. [in Ukrainian]
4. Vasylenko A.P. (2014). The mineral and raw material base of Ukraine. Article 2. The state of the mineral and raw material base of metallic minerals of Ukraine and the main directions of geological exploration. Mineral resources of Ukraine. 3, 3–6. [in Ukrainian]
5. Vasylenko A.P., Trokhymenko V.M. (2014). The First results of realization of monitoring and scientific accompaniment of development of loose titanite deposits within the limits of western part of US. Collection of scientific works of UkrDGRI. 1, 33–39 [in Ukrainian]
6. Kostenko, M.M. et. (2001). State geological map of Ukraine. Scale 1:200,000. Sheet M-35-XI (Korosten). Ministry of Ecology and Nature of resources of Ukraine, Northern State Regional Geological Enterprise «Northern Geology». Kyiv, 145. [in Ukrainian]
7. Dovgvi S.O., Ivanchenko V.V., Korzhnev M.M. et. (2014). Mineral and raw material complex and sustainable development of Ukraine. Kyiv: Logos. 232 [in Ukrainian]
8. Gursky, D.S., Esipchuk, K.E., Kalinin, V.I. et. al. (2005). Metallic and non-metallic minerals of Ukraine. Metal minerals. Kyiv-Lviv: Center of Europe Publishing House. 1, 785. [in Ukrainian]
9. Investment atlas of the subsurface user (strategic and critical minerals) 2021. URL: <http://nadrakravnyy.com.ua/wp-content/uploads/2021/01/%D0%86%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D1%96%D0%B8%CC%86%D0%BD%D1%96-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D1%86%D1%96%D1%96%CC%88.pdf> (access date 08/11/2023). [in Ukrainian]
10. Kovalchuk, M.S., Sukach, V.V. (2018). Spatial-paragenetic, polygenic-polychronic gold ore system of the Solonyansk ore field. Tectonics and stratigraphy, 45, 123–132. [in Ukrainian]
11. Kovalchuk, M.S. (2019). Geological and genetic models of weathering of ore-bearing crusts and products of their erosion and redeposition. Achievements and prospects for the development of geological science in Ukraine: Collection of theses of the scientific conference dedicated to the 50th anniversary of the M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (May 14–16, 2019, Kyiv). In 2 vols. Kyiv, 2, 53–54 [in Ukrainian]
12. Lysychenko G.V., Yatsenko V.G., Zemskov G.O. et. (2012). Strategic mineral resources of Ukraine: titanium, scandium, nickel, cobalt. Kyiv: Logos, 167. [in Ukrainian]
13. Metalidi V.S., Gursky D.S. (2009). Titan of Ukraine. Mineral resources of Ukraine. 3, 11–17 [in Ukrainian]
14. Rudko G.I., Bala H.R. (2021). Critical mineral raw materials and their prospects in Ukraine. Mineral resources of Ukraine. 2, 3–14. URL: <https://doi.org/10.31996/mru.2021.2.3-14> [in Ukrainian]
15. Taraniuk, L.M., Makarenko, T.Yu. (2019). Study of the activity of the titanium industry in the system of formation of the European integration development of the country's economy. Scientific Bulletin of Kherson State University. Economic sciences series. 34, 41–44. <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2019-34-8> [in Ukrainian]
16. Semenenko, N.P., Veklich, M.F. (Eds.) (1967). Titanium and titanium-zirconium placers of the Ukrainian SSR. Kyiv. 850.
17. Figura, L.A., Kovalchuk, M.S. (2022). Ore-bearing capacity of the Osynova ares of the Mezhyrichny deposit of titanium ores. Geochemistry and ore formation. 43, 59–73. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.059> [in Ukrainian]
18. Tsybmal S.N., Polkanov Yu.A. (1975). Mineralogy of titanium-zirconium deposits of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka. 248.
19. Tsybmal, S.N., Dyadchenko, M.G., Lichak, I.L., Polovko, N.I., Zarutskij, K.M., Proskurin, G.P. (1977). Patterns of location and power sources of titanium and titanium-zirconium placers in Ukraine. Ancient and buried placers of the USSR. 1. Kyiv: Naukova dumka. 84–92.
20. Khrushchev, D.P., Kovalchuk, M.S., Remezova, E.A. et. al. (2017). Structural and lithological modeling of sedimentary formations. Kyiv: Interservice. 352.
21. Mineral Commodity Summaries 2020. Reston: U.S. Geological Survey. 204 p. (Available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020.pdf>)

**Authors Contribution:** All authors have contributed equally to this work

Received 4 September 2023

Accepted 16 October 2023