

<https://doi.org/10.15407/gpimo2019.03.082>

Н.О. Федорончук

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення НАН України, Київ

ТОНКЕ ЗОЛОТО В ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ДНІПРОВСЬКОГО ЖОЛОБУ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНИЙ ШЕЛЬФ ЧОРНОГО МОРЯ): ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ, МОРФОЛОГІЯ, ГЕНЕЗИС

Район Дніпровського жолобу є найбільш перспективним на тонке та дрібне золото серед виявлених проявів північно-західного шельфу Чорного моря. Сприятливі гідрологічні й седиментаційні умови, наявність палеоберегових смуг, геологічна будова та неотектонічний розвиток району обумовлюють наявність в цьому районі найбільшого прояву золоторудної мінералізації серед тих, що виявлені до нашого часу. До того ж район Дніпровського жолобу є цікавим щодо інших перспективних видів корисних копалин, зокрема вуглеводнів та пелюїдів. Були відібрані більш ніж 500 проб донних відкладів по сітці $2,4 \times 0,8$ км вібропоршневою трубкою. По всіх пробах виконаний гранулометричний аналіз, по частині проб зроблений мінералогічний аналіз важкої фракції. Проби збагачувалися на гвинтових шлюзах. Вміст золота у первинних пробах і концентратах визначався кількома методами — атомно-адсорбційним, пробірним, амальгамацією тощо. Морфологія, мінералогічні особливості та склад золота вивчалися із застосуванням бінокулярного оптичного мікроскопу та сканувального електронного мікроскопу із інтегрованою системою електронно-зондового аналізу. Наведені результати досліджень форм, поверхні і складу частинок золота, які показали полігенний теригенно-аутигенний характер золота у відкладах. Голоценові шельфові відклади більше збагачені золотом, ніж верхньоплейстоценові, які формувались в умовах лиманно-гирлового комплексу палео-Дніпра. Накопичення золота в шельфових відкладах обумовлене не лише теригенним стоком, а й накладенням суто морських седиментаційних процесів. Морські шельфові фації відкладів можуть бути сприятливими для накопичення тонкого золота в значних концентраціях. Прояви золоторудної мінералізації у верхньоплейстоцен-голоценових донних відкладах Дніпровського жолобу дають підстави для комплексного використання цієї ділянки шельфу із супутнім видобуванням золота.

Ключові слова: тонке золото, північно-західний шельф Чорного моря, Дніпровський жолоб, морфологія золота.

Вступ

Дослідження дрібного та тонкого золота в наш час стає все більш актуальним у зв'язку з виснаженням родовищ легко збагачуваного (шліхового) золота крупних розмірних класів та зростанням світової ціни на нього. Крім того, у світі зростає увага саме до

© Н.О. ФЕДОРОНЧУК, 2019

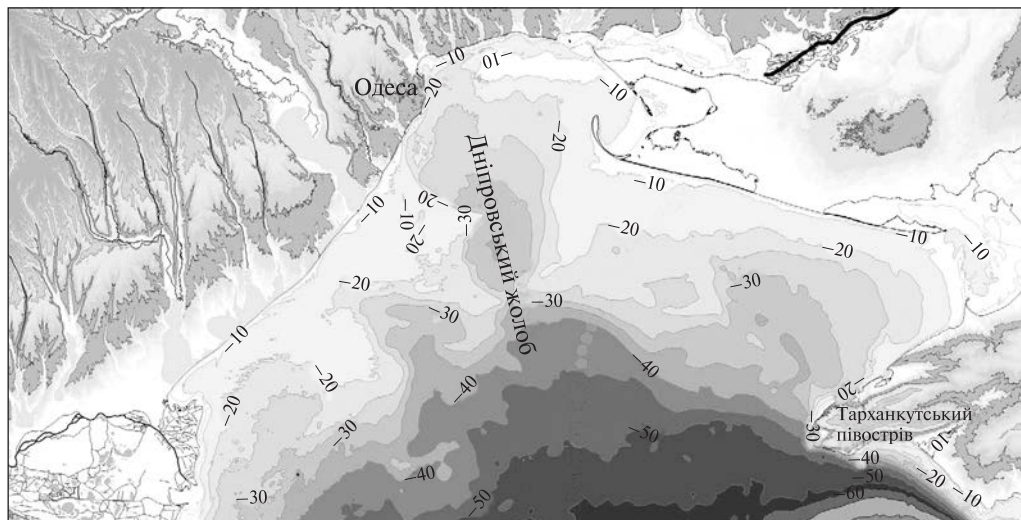


Рис. 1. Район досліджень — Дніпровський (Центральний) жолоб на ПЗ шельфі Чорного моря

морських шельфових родовищ, як найбільш перспективних в майбутньому. Перспективність тонкого золота в осадових утвореннях Північно-Західного Причорномор'я підкреслює академік Є.Ф. Шнюков [16]. В Україні питаннями збагачення дрібного і тонкого золота довгий час займався В.Т. Кардаш. Вивченням золоторудної мінералізації осадових утворень Причорномор'я займаються М.О. Маслаков, В.В. Іванченко (ДНУ «Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення НАН України») [4, 5], О.О. Юшин (ІГМР ім. М.П. Семеново НАН України) [20—23], М.С. Ковальчук (ІГН НАН України) [3] та інші дослідники. Дослідженням проявів золота на ПЗ шельфі Чорного моря, що розпочинались під керівництвом В.П. Резніка та І.О. Мудрова, займаються геологи ГНДІ морської геології та геохімії Одеського національного університету імені І.І. Мечникова [6—8, 11—13] та ДРГП «Причорноморгеологія» [22].

На північно-західному шельфі Чорного моря, що знаходиться в межах Азово-Чорноморської золотоносної провінції [6, 16], найбільш перспективним є район Дніпровського (Центрального) жолобу (рис. 1) з глибинами моря від 20 до 45 м. Сприятливі гідрологічні й седиментаційні умови, наявність палеоберегових смуг, геологічна будова та неотектонічний розвиток району обумовлюють наявність в цьому районі найбільшого прояву золоторудної мінералізації серед тих, що виявлені до нашого часу [6]. До того ж район Дніпровського жолобу є цікавим щодо інших перспективних видів корисних копалин, зокрема вуглеводнів [10] та пелоїдів [1]. В разі можливого комплексного освоєння цієї ділянки шельфу актуальним виявиться встановлення реальних перспектив та генезису золоторудних проявів Дніпровського жолобу, а також мінералогічних та морфологічних особливостей золота цього району.

Автор висловлює щирі вдячність співробітникам Центру колективного користування науковими приладами ІГН НАН України зав. лабораторією фізичних методів досліджень чл.-кор. НАН України С.Б. Шехунувій та канд. техн. наук В.В. Пермякову за сприяння й допомогу в дослідженнях на сучасному лабораторному устаткуванні, результати яких представлені у цій публікації.

Район досліджень

Дніпровський жолоб (рис. 1) являє собою підводну пізньоплейстоценову реліктову річкову долину палео-Дніпра, перекриту голоценовими морськими відкладами, які до нашого часу не компенсували негативний рельєф жолоба. Геоморфологічно жолоб розташований в межах нижньої частини лиманно-гирлового комплексу великої пізньоплейстоценової алювіальної рівнини, сформованої палео-Дніпром, де розвинені комплекси річкових терас, дельтові утворення та еолово-делювіальні комплекси [9], на які накладені голоценові морські тераси, сформовані в результаті трансгресії моря. Рельєф дна цієї ділянки шельфу є усадкованим з новоевксинського часу, коли тут існував палеолиман та його гирло [13]. Верхньоплейстоценові відклади району представлені широким спектром піщано-алевритових утворень лиманних, гирлових, узбережно-морських, морських мілководних та субаеральних фацій, які автором детально описані раніше [13]. Морські голоценові утворення представлені переважно черепашковими мулами з різною часткою піщано-алевритових складових. На межі плейстоценових та голоценових верств повсюдно розвинений прошарок подрібненого черепашкового детриту з прісноводної плейстоценової фауни потужністю близько 10 см, що відбиває різку зміну фізико-хімічних параметрів умов осадконакопичення на межі плейстоцену — голоцену під впливом потужної морської трансгресії.

Фундамент цієї ділянки шельфу складений архей-проторозойськими та нижньопалеозойськими складчасто-метаморфізованими комплексами, які перекриті піщано-глинисто-карбонатними утвореннями палеозою, мезозою та кайнозою. В тектонічному відношенні район контролюється Одеською зоною глибинних розломів та субширотною зоною розломів південного краю Східно-Європейської платформи, які порушують AR-PR фундамент та відбиваються на всіх структурних рівнях перекриваючого осадкового чохла [2]. В неотектонічній історії Одеська зона розломів контролювала закладення південного відрізка річкової долини палео-Дніпра та обумовила сучасний розвиток Дніпровського жолобу. В наш час район характеризується тектонічною та сейсмічною активністю.

Методи і обсяги досліджень

Дослідження золотоносності донних відкладів Дніпровського жолобу проводились галузевою науково-дослідною лабораторією морської геології та геохімії (ГНДЛ-3) Одеського національного університету імені І.І. Мечникова в межах робіт по вивченню локалізації скупчень тонкого золота на північно-західному шельфі Чорного моря (керівник — В.П. Резнік). В районі Дніпровського жолобу були відібрані більш ніж 500 проб донних відкладів з 219 станцій на 14 профілях по сітці $2,4 \times 0,8$ км, глибина випробування — до 4 м, пробовідбор здійснювався вібропоршнєвою трубкою діаметром 108 мм. Вік випробуваних відкладів — верхньоплейстоцен-голоценовий (від новоевксинських до сучасних відкладів). По всім пробам виконаний гранулометричний аналіз, по частині проб зроблений мінералогічний аналіз важкої фракції, що дало можливість простежити літологічні та мінералогічні передумови й закономірності у накопиченні золота в цій частині шельфу.

Для вилучення у концентрат дрібного та тонкого золота проби збагачувались шляхом сепарації на гвинтових шлюзах: частина проб була оброблена на установці «Говерла» (В.Т. Кардаш), частина збагачена у ГНДЛ-3 ОНУ на шлюзі конструкції В.Д. Іванова, який спрямований на вилучення у концентрат важких мінералів тонкої розмірності (до 5 мкм). Вміст золота у первинних пробах і концентратах визначався кількома методами — атомно-адсорбційним, пробірним, амальгамацією тощо. Дезамальгамація проводилась шляхом повільного розчинення амальгами в підігрітому слабкому розчині азотної кислоти (у пропорції кислоти до води — 1 : 5) та подальшому відфільтровуванні розчину, що дозволило зберегти форми мінеральних часток золота для подальшого дослідження (збереження форм підтверджується вилученням автором після амальгамації принципово різних форм золота з різних районів досліджень). Крім того, для вивчення морфології та мінералогічних особливостей золота з концентратів також попередньо вилучались окремі видимі під бінокулярном частки золота.

Морфологія, мінералогічні особливості та склад золота вивчались автором із застосуванням бінокулярного оптичного мікроскопу та скануючого електронного мікроскопу SEM JSM — 6490 LV з інтегрованою системою електронно-зондового аналізу INCA Energy+ в лабораторії фізичних методів досліджень ІГН НАНУ (к. техн. н. В.В. Пермяков).

Результати та їх обговорення

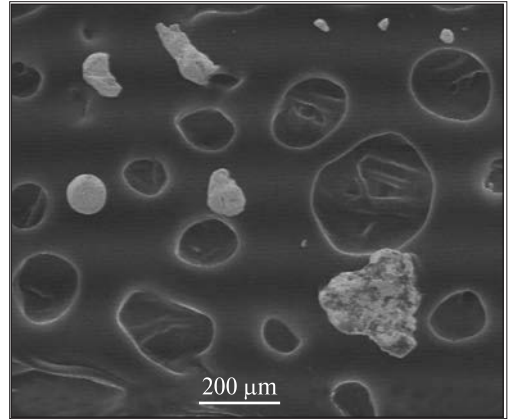
Верхньоплейстоценові та голоценові відклади Дніпровського жолобу характеризуються підвищеним вмістом золота, середній вміст золота за різними методами визначення становить від 0,4 до 0,6 г/т, зустрічаються окремі проби з вмістом золота >3 г/т [8]. В районі жолобу виявлена низка аномалій з вмістом золота >0,2 г/т загальною площею біля 63 км², по яких оцінені прогнозні ресурси на рівні 107 т золота [6]. Існуючі технології збагачення дозволяють вилучати з донних відкладів Дніпровського жолобу в концентрат до 70 % золота, що підтверджується результатами технологічних досліджень, зроблених за замовленням ГНДЛ-3 ОНУ в НДПІ «Механобрчермет» (Кривий Ріг) [6].

Золото представлено в основному дрібним, тонким та пиловидним розмірними класами, переважний розмір часток золота — 20—60 мкм, мінімальний розмір вилучених знаків золота — 5 мкм, максимальний — 0,3 мм.

Дослідження верхніх шарів розрізу жолобу, а саме верхньоплейстоцен-голоценових відкладів (від новоевксинських до сучасних), показали пристосованість накопичення золота до різних літологічних типів відкладів — від піщаних до мулистих, включаючи багатокомпонентні черепашкові мули. Стійких кореляційних зв'язків вмісту золота із вмістом інших мінералів важкої фракції відкладів не спостерігається. Такі характерні риси у поведінці золота в морських осадових утвореннях підкреслюють проблему генезису тонкого і дрібного золота у відкладах шельфу Чорного моря.

Характер розподілу і закономірності накопичення золота в новоевксинських та голоценових відкладах суттєво відрізняються, що обумовлене істотною різницею у седиментаційних обстановках в Дніпровському жолобі в ці часи. В верхньоплейстоценових (новоєвксинських) відкладах золото зустрічається в піщано-алевритових та глинистих утвореннях, найбільше його накопичення притаманно

Рис. 2. Золото різних розмірних класів з однієї проби (8 знаків розміром від 0,030 мм до 0,25 мм) (Дніпровський жолоб, глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 1,5—1,25 м)

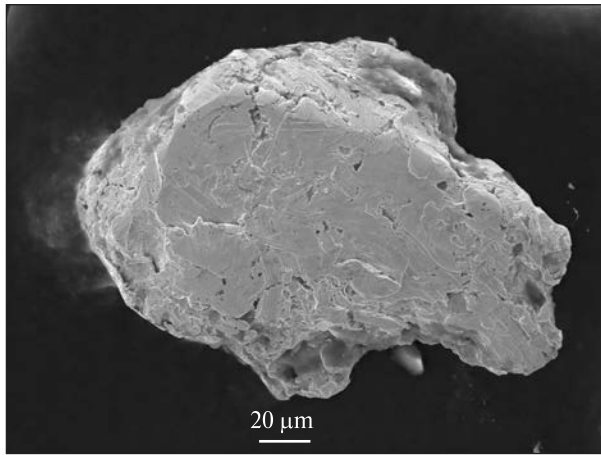


морським фаціям, найменше — лиманим (детально характерні риси накопичення золота у новоевксинський час в даному районі охарактеризовані в інших публікаціях автора [13]). В голоценових відкладах золото міститься в розповсюджених в цьому районі мулистих черепашниках та алевро-пелітових мулах, при цьому в сучасних відкладах спостерігається позитивний кореляційний зв'язок вмісту золота з крупноалевритовою гранулометричною фракцією [11]. В окремих фаціях новоевксинських відкладів відмічається слабкий кореляційний зв'язок вмісту золота з низкою важких мінералів, в той час як в голоценових відкладах не спостерігається кореляційних зв'язків золота із жодним мінералом важкої фракції. Вміст золота в голоценових відкладах району в 1,5—2 рази вищий, ніж в підстеляючих новоевксинських верствах [11, 13]. В чорноморських відкладах аномалії вмісту золота протягуються саме по осьовій частині жолобу, в зануренні рельєфу, а в новоевксинських відкладах найбільші аномалії паралельні палеобереговій смузі й тяжіють до узбережно-морських фацій.

Дослідження морфології вилученого золота показало наявність золота різних форм та розмірів. Найбільш крупні знаки притаманні новоевксинським відкладам, в той час в чорноморських відкладах домінують дрібніші розмірні класи при більшому загальному вмісті золота. Зустрічаються як теригенні, так і аутигенні форми, але переважають теригенні пластинчасті форми, часто із слідами транспортування. Зустрічаються бобовини, крапельки, пластинки із рваними краями або краплевидними наростами, кулькоподібні форми тощо. Колір золота зазвичай ярко-жовтий або краснувато-жовтий з сильним металевим блиском.

Нами раніше відзначався полігенний характер золота Дніпровського жолобу [12]. Проте застосування електронної мікроскопії дозволило більш детально дослідити поверхню зерен вилученого золота та з'ясувати його хімічний склад на поверхні, що допоможе у встановленні генетичних особливостей золота у відкладах Дніпровського жолобу.

Характерною особливістю досліджених відкладів є присутність в одних пробах знаків золота різних розмірних класів. Прикладом цього є наявність в алевриті новоевксинського віку знаків золота, які за розміром відрізняються більше ніж в 10 разів (рис. 2). Така різниця може бути обумовлена близькою гідравлічною крупністю різномісних знаків, що досягається через форму й можливу пористість золотин або накладенням різногенетичних седиментаційних процесів, що призводять до накопичення в одних й тих самих відкладах золота різних розмірів (хоча у випадку даної проби гранулометричний аналіз свідчить не на користь останнього припущення — відклад добре відсортований, вміст псефіту (черепашкового детриту) — 5 %, піску — 2 %, алевриту, переважно крупного — 92,5 %, пеліту — 0,5).



Element	Weight %	Atomic %
Ag	5.29	9.25
Au	94.71	90.75

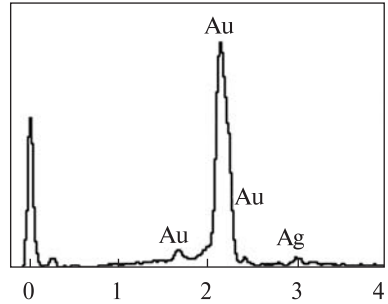
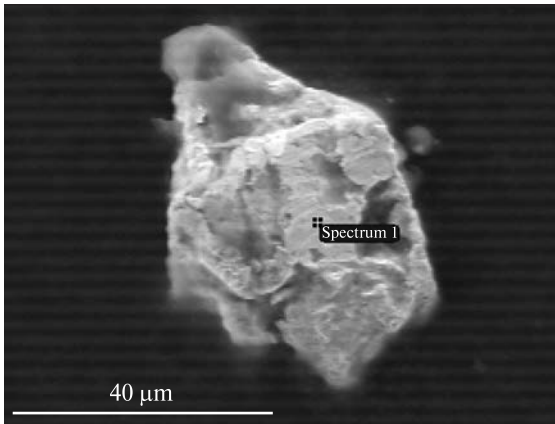


Рис. 3. Напівобкатане зерно золота розміром 0,2 мм з голоценових відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 20,5 м; ст. 48—1120, інтервал пробовідбору 0—0,6 м)



Element	Weight %	Atomic %
Ag	7.65	13.15
Au	92.35	86.85

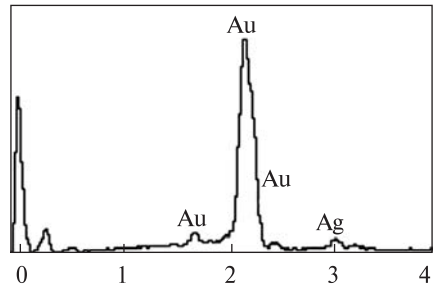
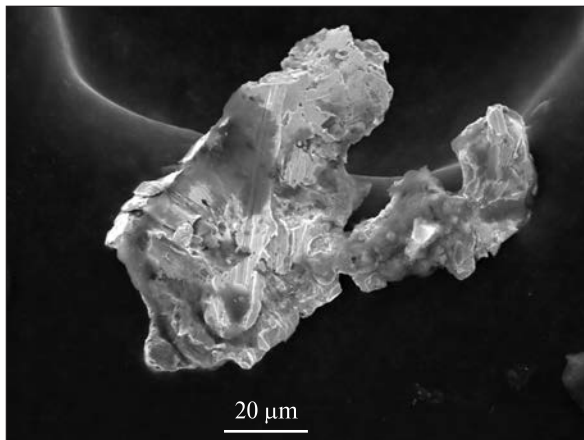


Рис. 4. Напівобкатане зерно золота розміром 0,05 мм з голоценових відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 0—0,6 м)



Element	Weight %	Atomic %
Ag	14.81	24.09
Au	85.19	78.91

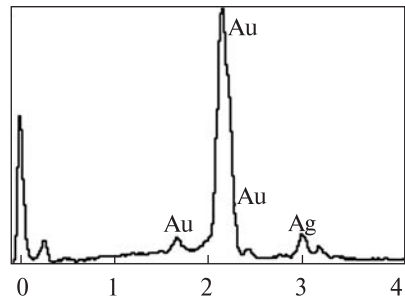
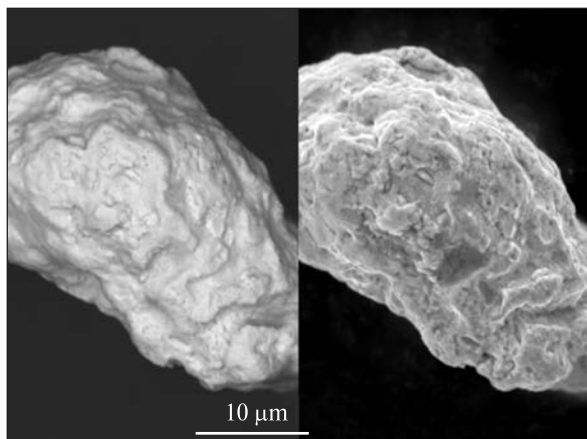


Рис. 5. Рване пластинчасте зерно сріблястого золота розміром 0,1 мм з голоценових відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 20,5 м; ст. 48—1120, інтервал пробовідбору 0—0,6 м)



Element	Weight %	Atomic %
Ag	3.68	6.52
Au	96.32	93.48

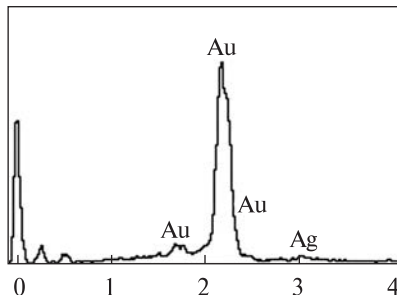
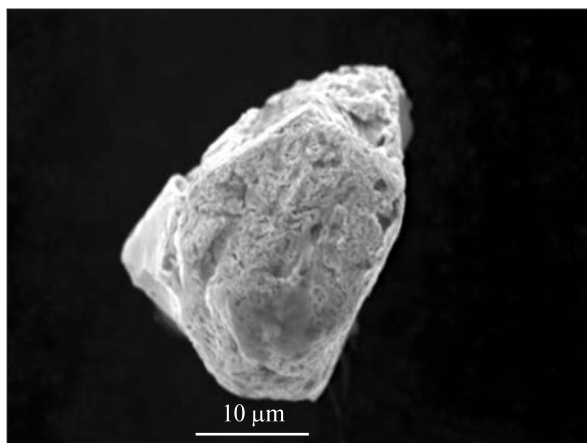


Рис. 6. Зерно золота з грудкуватою поверхнею довжиною 0,04 мм з новоевксинських відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 1,5—2,5 м)



Element	Weight %	Atomic %
Ag	11.46	19.11
Au	88.54	80.89

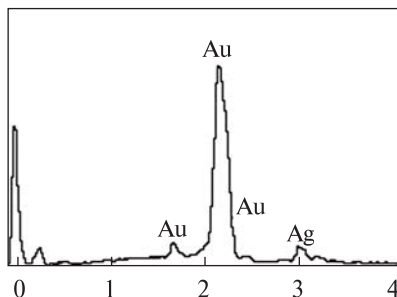


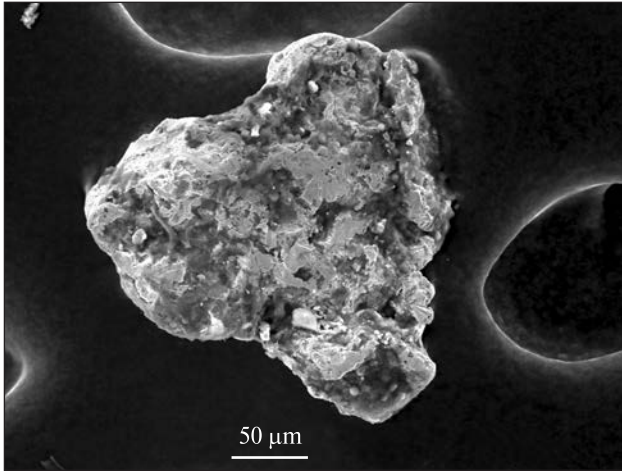
Рис. 7. Слабо обкатане зерно золота розміром 0,03 мм з новоевксинських відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 1,5—2,5 м)

Морфологія золота голоценових відкладів. В голоценових відкладах часто зустрічаються обкатані та напівобкатані частки пластичного золота різних форм зі слідами транспортування на поверхні — нерівними вигнутими та перехресними подряпинами й тонкими борознами, тонкими вигнутими лусочками на поверхні (рис. 3, 11).

Зустрічаються також зерна із заглибинами, порами, з обкатаними краями, іноді зі збереженими напрямками граней (рис. 4). Часто зустрічаються пластинчасті форми з рваними краями (рис. 5).

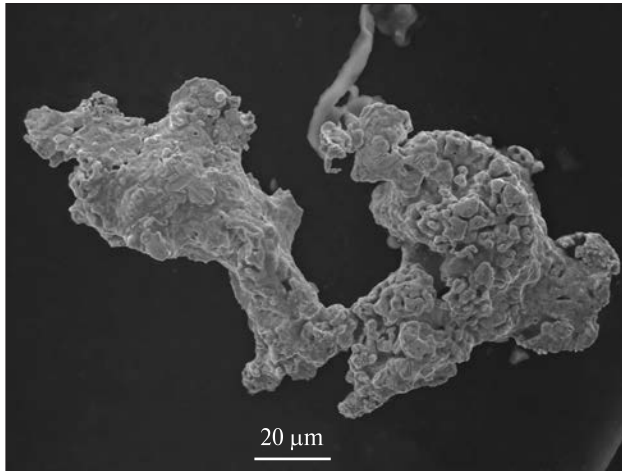
Характерним для золота голоценового віку є наявність на поверхні зерен механічних слідів транспортування (рис. 3—5, 11). Наявних слідів обростання й аутигенного мінералоутворення на поверхні досліджених зерен, вилучених вручну з концентратів голоценових відкладів, не спостерігається.

Морфологія золота новоевксинських відкладів. Форми новоевксинських (рис. 6—10) золотин подібні до голоценових, але значно відрізняється характер їх поверхні. На відміну від голоценових, новоевксинські знаки золота, вилучені з концентратів та досліджені за допомогою електронного мікроскопу, мають буг-



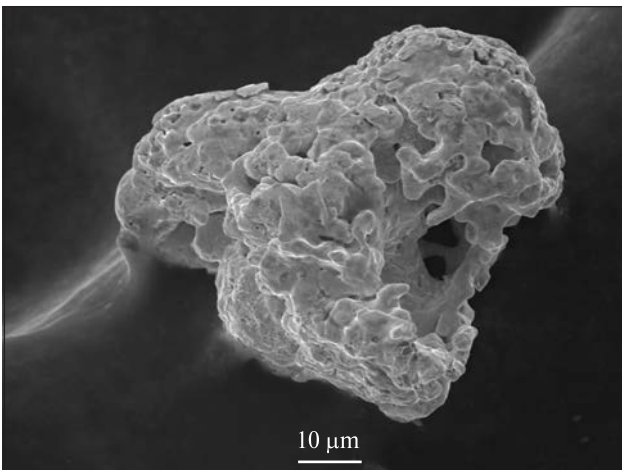
Spectrum	Ag	Au
Spectrum 1	20.87	79.13
Spectrum 2	15.53	84.47
Spectrum 3	21.87	78.13
Spectrum 4	21.33	78.67
Mean	19.90	80.10

Рис. 8. Зерно сріблястого золота розміром 0,25 мм з новоевксинських відкладів Дніпровського жолобу та його склад (глибина моря 37 м; ст. 96–160, інтервал пробовідбору 1,5–2,5 м)



Spectrum	Ag	Au
Spectrum 1	7.99	92.01
Spectrum 2	6.46	93.54
Spectrum 3	9.51	90.49
Mean	7.98	92.02

Рис. 9. Рвана пластинка золота розміром 0,15 мм з новоевксинських відкладів та її склад (глибина моря 32,8 м; ст. 950–440, інтервал пробовідбору 1,7–2,85 м). Поверхня вкрита грудочками й наростами, є фрагменти слідів транспортування (подряпини зліва)



Spectrum	Ag	Au
Spectrum 1	5.22	94.78
Spectrum 2	4.39	95.61
Spectrum 3	3.52	96.48
Mean	4.38	95.62

Рис. 10. Пористе золото розміром 0,08 мм з новоевксинських відкладів та його склад (глибина моря 32,8 м; ст. 950–440, інтервал пробовідбору 1,7–2,85 м)

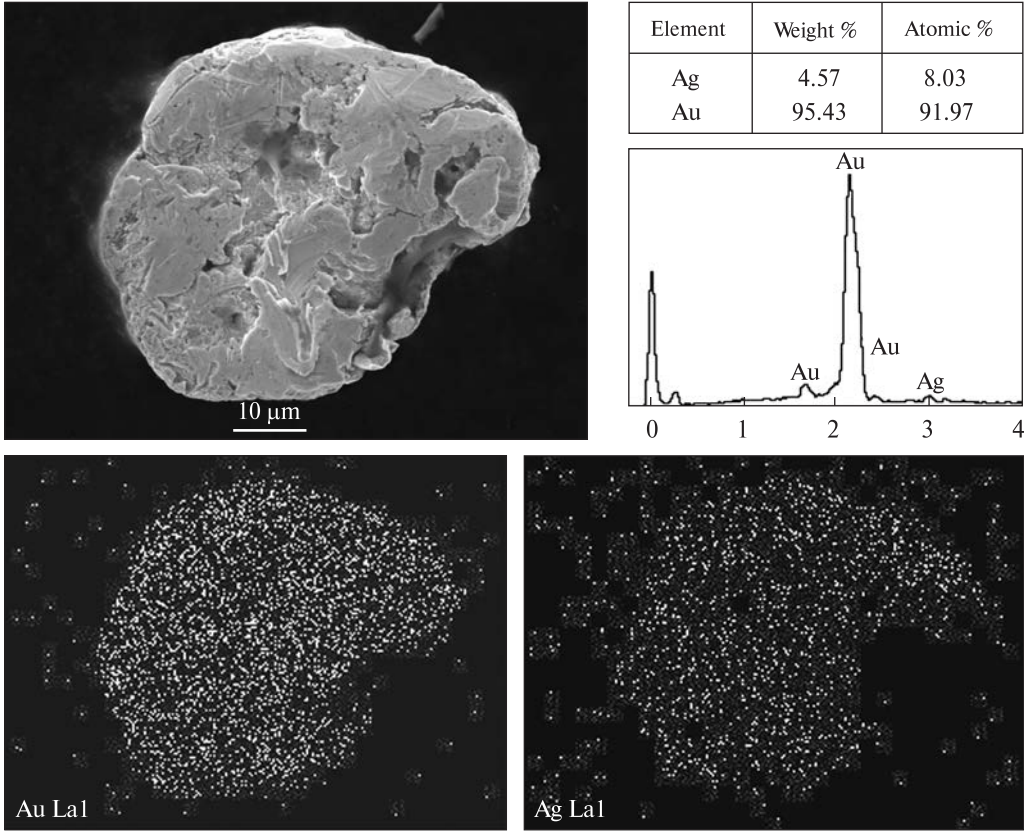


Рис. 11. Зерно золота розміром 0,06 мм з голоценових відкладів Дніпровського жолобу, його склад та розподіл у ньому золота та срібла (глибина моря 20,5 м; ст. 48–1120, інтервал пробовідбору 0–0,6 м)

ристі, агрегатоподібні грудкуваті поверхні з дрібними виступами, без наявних слідів транспортування — без подряпин та загнутих лусочок на поверхні (рис. 6–8). Враховуючи узбережно-морський генезис новоевксинських відкладів, з яких були вилучені досліджувані знаки золота, не підлягає сумніву, що вони мали б нести сліди транспортування у мілководно-морських умовах. Вірогідно, в результаті діагенетичних змін, які відбулися у новоевксинських відкладах, відбулося згладжування зерен за рахунок аутигенного мінералоутворення з колоїдів чи перерозподілу речовини по поверхні зерен або тонкого обростання плівками, можливо, за участю мікроорганізмів. Цікавим залишається той факт, що в разі таких припустимих діагенетичних перетворень не змінився склад золота на поверхні зерен (рис. 6–8), адже в інших частинах шельфу ми спостерігали золоте аутигенне мінералоутворення (псевдоморфози по решткам органіки та аутигенні октаедричні кристали), складене на 100 % золотом, без домішок срібла.

Золото, що було вилучене за допомогою амальгамації, має більш пористу структуру (рис. 9, 10). Це пояснюється тим, що вилучення такого золота з концентратів «вручну» вкрай ускладнено, тому саме в продуктах амальгамації нам вдалося дослідити золото тонких розмірних класів та пористе золото. Особливий режим дезамальгамації дозволив зберегти мінеральні форми золота для подальшого дослідження.

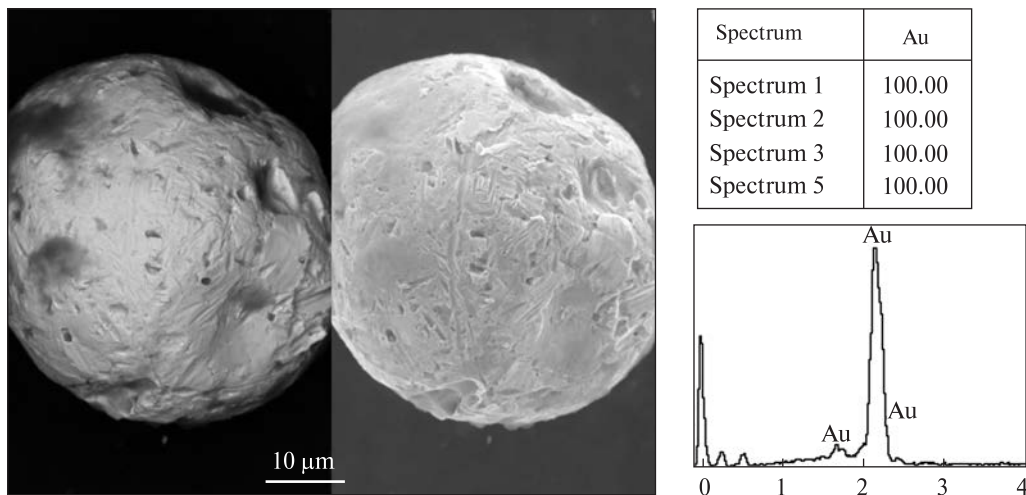


Рис. 12. Кулька самородного золота розміром 0,05 мм з голоценових відкладів Дніпровського жолобу (глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 0—0,6 м)

Серед вилученого амальгамацією золота також поширені бобовидні й пластинчасті утворення, іноді сітчасті й, навіть, ажурні (рис. 10). Наявність такого пористого золота відмічається і в алювіальних відкладах нижньої течії Дніпра [4], але ажурні форми, виявлені в узбережно-морських фаціях новоевксинського віку (рис. 10), носять явно аутигенний характер. За складом пористе золото Дніпровського жолобу, як й інші виділені частки, характеризується наявністю домішок срібла. Як і в інших новоевксинських знаках золота, на поверхні цих золотин майже повністю відсутні сліди транспортування (хоча іноді їх рештки у вигляді фрагментів дрібних подряпин залишаються — рис. 9), поверхня вкрита наростами неправильної форми, грудочками й бугорками, що свідчить про можливі діагенетичні перетворення, яких зазнало це золото.

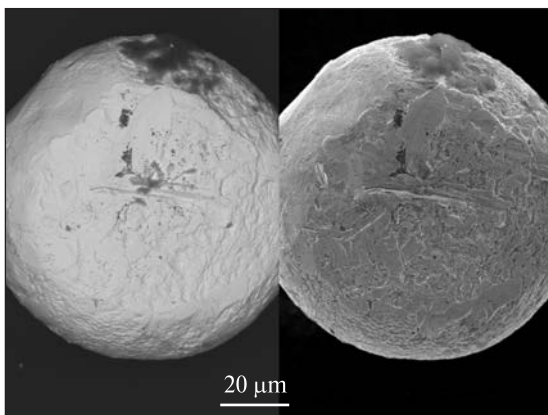
Склад золота. Для складу як голоценового, так і новоевксинського золота Дніпровського жолобу, що визначався на поверхні мінеральних часток електронно-зондовим аналізом, характерними є домішки срібла у кількості від 3 до 20 % (рис. 3—11) з рівномірним розподілом по поверхні зерен (рис. 11). Виключення становлять кулясті частки золота, вилучені з проб як голоценового, так і новоевксинського віку, які мають інший склад.

Кулясті форми золота. Серед золота вилучені майже ідеальні кулясті форми як голоценового, так і новоевксинського віку. Вилучена з відкладів голоценового віку кулька самородного золота діаметром близько 50 мкм не містить домішок (рис. 12). При цьому на поверхні кульки, як і на інших золотинах голоценового віку, спостерігаються механічні сліди транспортування у водному середовищі, хоча майже ідеальна куляста форма й виключно простий хімічний склад нашттовує на висновок про виключення теригенного походження цього золота, оскільки вважається мало ймовірним надбання таких ідеальних форм в результаті обкатування пластичного золота в морських седиментаційних умовах. Крім того, на поверхні присутні пірамідальні відбитки інших кристалів, які або зруйнувалися в результаті вилугування при зміні фізико-хімічних умов середовища, або, що менш вірогідно, є відбитками в пластичному золоті, надбаними в результаті обкатування. Цікаво, що такі майже ідеальні кульки за формою та наявністю пірамідальних

відбитків дуже нагадують кульки мартиту, знайдені у пісках ПЗ узбережжя Азовського моря [18], в яких подібні нерівності були сформовані мікрокристаллами галіту, до того ж близькими за розміром до відбитків на кульці золота.

Кулька золота з домішками срібла та міді (рис. 13) знайдена і в новоевксинських утвореннях, що виключає її техногенне походження. Як і для інших форм описаних золотин, різниця в поверхні новоевксинських та голоценових зерен полягає у відсутності на новоевксинській кульці слідів транспортування (подряпин і рисочок на поверхні), які присутні на кульці чорноморського віку. Натомість на поверхні новоевксинської кульки спостерігаються прояви аутигенного мінералоутворення у вигляді плівки на поверхні, що також може бути результатом діагенезу.

Наявність на золоті з голоценових відкладів механічних слідів транспортування (навіть на ймовірно аутигенних кулястих формах) може свідчити про активний перенос речовини не просто у воді, а в достатньо густих суспензійних потоках, активність яких передбачається в Дніпровському жолобі. Седиментаційні умови жолобу є сприятливими для виникнення гравітаційних щільнісних потоків (достатні ухили дна, обводнені мулисті відклади, тектонічна й сейсмічна активність району, періоди штормів у верхньому шарі водної товщі тощо). Вірогідність існування таких потоків та відкладання з них осаду в жолобі також підтверджується різкою різницею у потужності голоценових відкладів на бортах та осьовій частині жолоба та перешаруванням в літологічному розрізі жолобу прошарків черепашнику, черепашкових мулів та алевро-пелітових мулів [14]. Локалізація скупчень золота в осьовій частині жолоба, тобто в зануренні рельєфу дна, в такому разі може бути спричинена саме дією низькоенергетичного гравітаційного переміщення речовини (суспензійних потоків). Це може пояснити знаходження в одних пробах золота різних розмірних класів, відсутність кореляційних зв'язків золота з іншими мінералами важкої фракції у морських голоценових відкладах, свіжі сліди транспортування на поверхні часток золота. В такому разі джерела золота Дніпровського жолобу значно розширюються, оскільки жолоб може бути ареною накопичення речовини з великої площі прилеглого шельфу. На нашу думку, в наш час в Дніпровському жолобі локалізується не лише тонке золото, пов'язане з виносами Дніпра, а й золото з інших джерел живлення, в тому числі, вірогідно, і ендегенних [15, 19], проте підтвердження даних припущень потребує подальших досліджень.



Spectrum	Cu	Ag	Au
Spectrum 1	0.00	8.42	91.58
Spectrum 2	1.34	7.95	90.71
Spectrum 3	1.88	5.40	92.72
Spectrum 4	1.33	5.75	92.92
Mean	1.14	6.88	91.98

Рис. 13. Кулька золота розміром 0,1 мм з новоевксинських відкладів Дніпровського жолобу та її склад (глибина моря 37 м; ст. 96—160, інтервал пробовідбору 1,5—2,5 м)

Верхньоплейстоценове золоте зруденіння району Дніпровського жолобу, яке відбувалося в умовах лиманно-гирлового комплексу палео-Дніпра та його морського узбережжя, характеризується меншим вмістом золота, порівняно з голоценовими морськими проявами. Накопичення золота тоді відбувалось поблизу палеоберегової смуги; це золото пов'язане з виносами палео-Дніпра, золотоносність яких доведена [4]. Проте під час раннього діагенезу в умовах морської трансгресії золото новоевксинських відкладів зазнало певних змін з характерними новоутвореннями на поверхні мінеральних зерен, в тому числі й розростання зерен за рахунок аутигенного мінералоутворення в нових умовах, ймовірно (зважаючи на неглибоке залягання відкладу) при участі колоїдів і порових розчинів. Тому для золота верхньоплейстоценового віку Дніпровського жолоба теж не виключається вплив морських умов — умов діагенезу після трансгресії моря.

Враховуючи вплив морських процесів на різних стадіях формування проявів золота, можна вважати, що шельфові умови при накладенні теригенних та аутигенних процесів золотоутворення під впливом седиментаційних, діагенетичних, тектонічних, геоморфологічних, палеогеографічних та гідродинамічних факторів можуть бути сприятливими для формування значних скупчень тонкого золота. Таким прикладом є Дніпровський жолоб, відклади якого збагачені золотом у кількості, достатній для можливого супутнього видобутку золоторудного концентрату при умовах комплексної розробки донних відкладів цього району, наприклад видобутку пелоїдів, вуглеводнів, в разі профілювання морського дна та ін.

Висновки

1. Морські шельфові умови можуть бути сприятливими для концентрації тонкого золота. Скупчення тонкого золота на ПЗ шельфі Чорного моря не можуть розглядатись виключно як розсипи дальнього зносу і «хвосту» у шлейфі алювіальних розсипів. При накопиченні золота в шельфових умовах впливовим фактором є морські седиментаційні (в тому числі низкоенергетичні гравітаційні) та діагенетичні процеси, які можуть призводити до достатньо високих концентрацій дрібного і тонкого золота у відкладах.

2. Донні відклади Дніпровського жолобу є сприятливим для накопичення тонкого золота через поєднання багатьох факторів, а саме сприятливих палеогеографічних, геоморфологічних, гідрологічних, седиментаційних та неотектонічних умов. Накопичення тонкого золота у відкладах Дніпровського жолобу носить полігенний (теригенно-аутигенний) характер. Джерелами живлення можуть бути не лише золотоносні виноси Дніпра, а й інші джерела оточуючої суші та прилеглих районів шельфу, не виключаючи й ендегенні джерела в межах шельфу.

3. Прояви золоторудної мінералізації у верхньоплейстоцен-голоценових донних відкладах Дніпровського жолобу ПЗ шельфу мають не лише наукову, а й практичну цінність при умові можливого комплексного використання цієї ділянки шельфу в разі супутнього видобутку золота.

4. Доцільні подальші дослідження морських проявів дрібного й тонкого золота, метою яких має бути з'ясування механізмів утворення і концентрації тонкого золота в морських седиментаційних та діагенетичних умовах. Такі дослідження мають бути націлені на розробку комплексних критеріїв пошуків

дрібного й тонкого золота саме для морських шельфових умов з врахуванням багатьох факторів, які можуть бути встановлені на прикладі Дніпровського жолобу. Встановлення таких критеріїв, подальші дослідження на шельфі та виявлення ділянок з накладанням теригенного зносу та сприятливих морських седиментаційних умов можуть призвести до встановлення нових значних проявів золота.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ємельянов В.О., Нікітіна А.О., Довбиш С.М., Сучков І.О. Особливості геоморфології північно-західного шельфу Чорного моря у зв'язку з перспективними знаходженнями великих покладів природної лікувальної сировини. Морські геолого-геофізичні дослідження: фундаментальні та прикладні аспекти: Матеріали Міжнар. конф. (8—9 листоп. 2018 р.). Одеса, 2018. С. 164—168.
2. Занкевич Б.А., Мельниченко Т.А., Шафранская Н.В. Унаследование структурных планов северо-западного шельфа Черного моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2009. № 1. С. 52—62.
3. Ковальчук М.С. Золотоносність осадових комплексів України. *Мінерал. збірник*. 2001. № 51. Вип. 1. С. 75—87.
4. Маслаков Н.А., Иванченко В.В., Белицкая М.В., Гаврилюк И.В., Османов Э.М. Особенности мелкого и дисперсного золота из осадочных пород Нижнего Приднепровья. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2016. № 2. С. 48—56.
5. Маслаков Н.А., Иванченко В.В., Ильина А.С. Тонкое и дисперсное золотое оруденение на северо-западном побережье Черного моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2017. № 4. С. 79—87.
6. Резник В.П. Некоторые проблемы морского тонкого золота (северо-западный шельф Черного моря). *Геол. и полезн. ископ. Черного моря*. Киев: ОМГОР НАН Украины, 1999. С. 194—199.
7. Резник В.П., Федорончук Н.А. Тонкое золото в морских и океанических осадках. *Литология и полезные ископаемые*. 2000. № 4. С. 355—363.
8. Резник В.П. Тонкі рудні мінерали в відкладах північно-західного шельфу Чорного моря. Особливості розповсюдження. *Геол. журн*. 2003. № 2. С. 99—111.
9. Сучков И.А. К геоморфологии северо-западного шельфа Черного моря *Геол. и полезн. ископ. Черного моря*. Киев: ОМГОР НАН Украины, 1999. С. 365—370.
10. Сучков І.О., Пономарьова Л.П., Бацко В.В., Нагребелький В.С., Гончарова І.О., Ходикіна О.О., Нетребська Е.Я. Геолого-геохімічні дослідження при проведенні нафтогазопошукових робіт на північно-західному шельфі Чорного моря. *Зб. наук. праць ІГН НАНУ*. 2018. Т. 11. С. 56—62.
11. Федорончук Н.А. Связь накопления тонкого золота с литологическими особенностями современных донных отложений северо-западного шельфа Черного моря. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2016. Т. 21, вип. 2. С. 185—197.
12. Федорончук Н.О. Морфологія та генезис тонкого золота сучасних відкладів Чорного моря. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2014. Т. 19, вип. 4 (23). С. 242—250.
13. Федорончук Н.О., Сучков І.О., Мудров І.О., Гончарова І.О. Літолого-фаціальні та мінералогічні передумови накопичення тонкого золота у новоевксинських відкладах Дніпровського жолобу (північно-західний шельф Чорного моря). *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2013. № 1. С. 64—75.
14. Федорончук Н.О., Сучков І.О., Резник В.П., Іванов В.Г. Літологія донних відкладів та умови осадконакопичення на Північно-Західному шельфі Чорного моря. *Геол. журн*. 2001. № 3. С. 41—52.
15. Шнюков Е.Ф. Флюидогенная минерализация грязевых вулканов Азово-Черноморского региона. Киев: ГНУ ОМГОР НАНУ, 2016. 194 с.
16. Шнюков Е.Ф. Черное море: будущее минерально-сырьевой базы. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2019. № 1. С. 3—17.

17. Шнюков Е.Ф., Гаврилюк И.В., Маслаков Н.А., Красножина З.В., Ломакин И.Э. Золото в недрах Крыма. Киев: Логос, 2010. 187 с.
18. Шнюков Е.Ф., Скворцов В.В., Пермяков В.В. К минералогии темных песков северо-западного побережья Азовского моря. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2019. № 2. С. 67—80.
19. Шнюков Е.Ф., Сокол Э.В., Нигматулина Е.Н., Иванченко В.В., Юшин А.А. Золото в грязевых вулканах Керченского полуострова как показатель глубинности грязевулканических флюидов. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2013. № 4. С. 79—89.
20. Юшин А.А. Золото и платиноиды в мезо-кайнозойских платформенных россыпях Украины: возможные источники и условия локализации. Природные и техногенные россыпи и месторождения кор выветривания на рубеже тысячелетий. Москва: ИГЕМ РАН, 2000. С. 395—398.
21. Юшин А.А. Тонкое золото в корах выветривания в осадочном чехле Украинского щита и его обрамления. Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения. Пермь: Изд. Перм. ун-та, 2005. С. 327—329.
22. Юшин А.А., Присяжный В.М., Какаранза С.Д., Пашняк С.В., Семенов П.В., Волков В.А. Опыт и проблемы изучения и поисков россыпей с мелким и тонким золотом в осадочном чехле северо-западного Причерноморья. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2008. № 2. С. 34—52.
23. Юшин О.О. Генетичні особливості молодих золотоносних розсипів Азово-Чорноморської провінції. *Геол. и полезн. ископ. Черного моря*. Киев: ОМГОР НАН Украины, 1999. С. 200—203.

Стаття надійшла 17.07.2019

Н.А. Федорчук

ТОНКОЕ ЗОЛОТО В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДНЕПРОВСКОГО ЖЕЛОБА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ШЕЛЬФ ЧЕРНОГО МОРЯ): ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ, МОРФОЛОГИЯ, ГЕНЕЗИС

Район Днепроовского желоба является наиболее перспективным на тонкое и мелкое золото среди выявленных проявлений северо-западного шельфа Черного моря. Благоприятные гидрологические и седиментационные условия, наличие палеобереговых линий, геологическое строение и неотектоническое развитие района обуславливают наличие наибольшего проявления золоторудной минерализации среди выявленных до настоящего времени. К тому же район Днепроовского желоба интересен по другим перспективным видам полезных ископаемых, в частности углеводородам и пелоидам. Были отобраны более 500 проб донных отложений по сетке $2,4 \times 0,8$ км вибропоршневой трубкой. По всем пробам выполнен гранулометрический анализ, по части проб сделан минералогический анализ тяжелой фракции. Пробы обогащались на винтовых шлюзах. Содержание золота в первичных пробах и концентратах определялось несколькими методами — атомно-адсорбционным, пробирным, амальгамацией и др. Морфология, минералогические особенности и состав золота изучались с помощью бинокулярного оптического микроскопа и сканирующего электронного микроскопа с интегрированной системой электронно-зондового анализа. Приведены результаты исследований формы, поверхности и состава частиц золота, которые показали полигенный терригенно-аутигенный характер золота в отложениях. Голоценовые шельфовые отложения более обогащены золотом, чем верхнеплейстоценовые, которые формировались в условиях лиманно-устьевого комплекса палео-Днепра. Накопление золота в шельфовых отложениях обусловлено не только терригенным стоком, но и наложением чисто морских седиментационных процессов. Морские шельфовые фации отложений могут быть благоприятными для накопления тонкого золота в значительных концентрациях. Проявления золоторудной минерализации в верхнеплейстоцен-голоценовых донных отложениях Днепроовского желоба дают основания для комплексного использования этого участка шельфа с сопутствующей добычей золота.

Ключевые слова: тонкое золото, северо-западный шельф Черного моря, Днепроовский желоб, морфология золота.

N.O. Fedoronchuk

FINE GOLD IN THE BOTTOM DEPOSITS OF THE DNIEPER SUBMARINE VALLEY
(THE NW BLACK SEA SHELF): PROSPECTS, MORPHOLOGY, GENESIS

The area of the Dnieper Trench is the most promising for thin and fine gold among the manifested manifestations of the northwest shelf of the Black Sea. Favorable hydrological and sedimentation conditions, the presence of paleo-coastal stripes, geological structure and neotectonic development of the area cause the presence of the largest manifestation of gold mineralization in the area among those discovered to date. In addition, the area of the Dnieper Trench is interesting for other promising minerals, including hydrocarbons and peloids. More than 500 sediment samples were collected on a 2.4×0.8 km grid vibrating piston tube. A granulometric analysis was performed on all samples, mineralogical analysis of the heavy fraction was made on a part of the samples. Samples were enriched on screw gateways. The content of gold in the primary samples and concentrates was determined by several methods — atomic adsorption, assay, amalgamation and the like. The morphology, mineralogical features and composition of the gold were studied using a binocular optical microscope and a scanning electron microscope with an integrated electron probe system. The results of investigations of the forms, surface and composition of gold, which showed the polygenic terrigenous-autigenous character of gold in deposits, are presented. Holocene shelf deposits are more enriched in gold than the Upper Pleistocene, which were formed under conditions of the Paleo-Dnieper estuary complex. The accumulation of gold in shelf deposits is caused not only by terrigenous runoff, but also by the imposition of purely marine sedimentation processes. Offshore shelf facies deposits may be conducive to the accumulation of fine gold at high concentrations. The manifestations of gold mineralization in the Upper Pleistocene-Holocene bottom sediments of the Dnipro Trench provide the basis for predicting the complex use of this section of shelf in the case of concomitant gold production.

Keywords: *fine gold, NW Black Sea shelf, Dnieper submarine valley, morphology of gold.*