

<https://doi.org/10.15407/gpimo2021.02.022>

І.Е. Ломакін, д-р геол. наук, зав. відділу

E-mail: igorlomakin@gmail.com

ORCID 0000-0003-2745-2579

Є.А. Сарвіров, мол. наук. співроб.

E-mail: easarvirov@gmail.com

ORCID 0000-0001-5429-5834

В.В. Кочелаб, старш. наук. співроб.

E-mail: vkdkochelab@gmail.com

ORCID 0000-0002-4888-9297

ДНУ "Центр проблем морської геології, геоєкології та осадового рудоутворення НАН України"

01054, Київ, вул. Олеся Гончара, 55-Б

ОСОБЛИВОСТІ ПОШУКУ ЗОЛОТОРОЗСИПНИХ ОБ'ЄКТІВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Довготривалий високий рівень світових цін на золото на тлі виснаження запасів легковидобувного металу призводить до пошуку і введенню в промислове освоєння родовищ навіть з низько технологічними рудами і пісками. Це, у свою чергу, потребує впровадження ефективних технологій збагачення і вилучення золота, сприяє вдосконаленню методики геологорозвідувальних робіт. Наразі в осадовій товщі мезо-кайнозойських відкладів півдня України відомі численні прояви розсипного золота різних масштабів. Але реальна картина поширення і фактичні масштаби розсипів золота на території України залишаються неповними і недостовірними. Це пов'язане з невідповідністю застосованої методики пошуків, яка була спрямована на виявлення приплотикових долинних покладів, фактичним властивостям золотоносних утворень.

Золото в більшості українських розсипопроявів представлено переважно дрібними, тонкими і дисперсними частинками в суттєво глинистому субстраті. Тому традиційна лоткова промивка геологічних проб призводила до надмірно високих втрат дрібного золота і до істотного зниження потенціалу золотоносності. Саме тому потрібна ревізія і перегляд результатів отриманих раніше геологічних даних.

Виявлення розсипних родовищ золота України можливе за умови підвищення ефективності локального прогнозу і достовірності польових досліджень. Найбільш сприятливими ситуаціями для акумуляції корисного компонента є структурно-денудаційні пастки у тектонічних депресивних зонах. Технологія збагачення проб має відповідати фактичним властивостям конкретної сировини в розсипопрояві. Наведені типи технологічного устаткування та запропоновані деякі спо-

Цитування: Ломакін І.Е., Сарвіров Є.А., Кочелаб В.В. Особливості пошуку золоторозсипних об'єктів півдня України. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2021. 17, № 2: 22–33. <https://doi.org/10.15407/gpimo2021.02.022>

соби підвищення ефективності і достовірності випробування. Стаття продовжує цикл публікацій, присвячених розв'язанню проблем вивчення розсипної золотоносності із домінуючою часткою тонкого та дисперсного золота в осадових утвореннях півдня України.

Ключові слова: Україна, Північне Причорномор'я, розсипи. золото, методика, технології, випробування, збагачення концентратів, дрібне, тонке і дисперсне золото, ДТЗ, ревізія результатів, способи розробки.

Вступ

Світові ціни на золото в останні десятиліття демонструють хвилеподібне, але неухильне зростання, яке за 20 років склало більше 500 %. Так в 2000 р. середня ціна 1 г золота була менше 10 дол. США, а в 2021 р. вже досягла 55–60 дол. Зростання цін на золото є наслідком постійного високого попиту на світовому ринку. Сприятлива ринкова кон'юнктура стимулює введення в промислове освоєння родовищ з невисоким вмістом металу в рудах та пісках, із важкозбагачуваними і низькотехнологічними рудами, складними гірничо-технічними умовами розробки тощо.

Відновлюється видобуток на вироблених рудниках і золотоносних ділянках, проводиться переоцінка забракованих золотоносних об'єктів. У сферу інтересів золотодобувних компаній включаються «нетрадиційні» золотоносні райони з нетиповим набором характеристик, що вимагають специфічного підходу. Ситуація, що склалася, призвела до прискореного розвитку нових ефективних технологій збагачення і вилучення золота, сприяла модернізації і вдосконаленню технології і техніки розвідки, гірських робіт, призвела до впровадження більш екологічно «чистих» виробничих процесів.

Таким положенням на ринку золота скористалися багато країн Європи, які стали відроджувати і активно розвивати власну золотодобувну галузь промисловості. Лідером в цьому процесі стала Туреччина, яка після тривалої перерви почала видобувати золото в 2001 р. (видобуток 1,4 т), а з 2017 р. річний видобуток вже перевищив 30 т золота. Фінляндія і Швеція відновили золотодобування і добувають зараз по 7–8 тонн золота на рік. Також видобуток золота проводиться в Болгарії, Іспанії, Польщі. Навіть невеликі пострадянські країни — Азербайджан, Вірменія, Грузія — у 2000-х рр. почали золотодобування і зараз видобувають кілька тонн на рік.

На жаль, Україна не використала сприятливу ринкову кон'юнктуру, хоча має досить потужний потенціал золоторудних родовищ в своїх надрах: прогностичні ресурси складають перші тисячі тонн золота. Загальні характеристики оцінених ресурсів багатьох родовищ не поступаються характеристикам розроблюваних нині родовищ Європи. Вочевидь, що геолого-економічні показники українських родовищ при сучасній ситуації на ринку золота здатні продемонструвати високу рентабельність їх відпрацювання. Особливий інтерес представляє маловивчений на сьогоднішній день потенціал розсипного золота України. Розробка розсипних родовищ золота не вимагає великих капітальних вкладень і дозволяє в короткі терміни отримати прибуток.

Основними золоторудними металогенічними районами України є Український щит (УЩ), Карпатсько-Добрудзько-Кримська і Дніпровсько-Донецька провінції. Найбільші ресурси рудного золота України зосереджені в рудних по-

лях і родовищах УЩ [5]. Наразі тут відомі понад десяток рудних родовищ, численні рудопрояви, аномальні геохімічні ореоли золота. У числі найбільш вивчених родовищ УЩ — Сергіївське, Балка Широка, Балка Золота, Клинецьке, Юріївське, Майське, Суразьке. Ймовірна наявність інших золоторудних об'єктів, зокрема із промисловими параметрами. Попередньо можна говорити про те, що запаси кожного з відомих родовищ становлять кілька десятків тонн, а ресурси кожного золоторудного поля оцінюються в сотні тонн золота. Ці об'єкти залишаються невивченими, виконана тільки оцінка масштабів зруденіння і проведені попередні дослідження якості руд. Розвідані і передані для промислового освоєння всього два родовища на Закарпатті (Мужіївське і Сауляк), проте налагодити повноцінне видобування золота з них поки не вдалося.

Золото в Україні виявлено також і в осадовій товщі мезо-кайнозойського віку. Золоторозсіпні утворення поширені на території УЩ, Карпатського регіону, Донбасу, Середнього Придністров'я, Північного Причорномор'я, в Криму, в акваторії Чорного і Азовського морів. Геологічними дослідженнями різних років тут зафіксовані численні прояви розсіпного золота різних масштабів: від поодиноких проб з вільним золотом і їх скупчень до розсіпних ореолів і навіть розсіпів з досить високим вмістом золота [7, 9, 14, 18, 19, 25, 26]. З урахуванням наявності численних первинних корінних джерел золота з високим рудним потенціалом і сприятливою для розсіпоутворення історією мезо-кайнозойського етапу розвитку, на території України досить ймовірна наявність промислових розсіпів. Розсіпопроявлення відомі не тільки поблизу від корінних джерел золота, а й на достатньому віддаленні від них. Важливо, що в кварталі розвантаження річкової мережі, що дрениє всі золоторудні райони України, відбувалося в область Північного Причорномор'я. Тому саме в цьому регіоні повинні були сформуватися скупчення золота в пухкій товщі. Оpubліковані численні описи розсіпного золота з різних проявів України. При цьому наголошується, що домінуюча частка зерен вільного золота відноситься до дрібних і тонких класів крупності. Багато авторів вказують на високі перспективи формування промислових розсіпних об'єктів і рекомендують їх подальше вивчення [9, 14, 15, 25].

При аналізі результатів геологічних робіт, виконаних у попередні роки, стає очевидно, що, на жаль, стан геологічної вивченості та, головне, достовірність оцінки проявів розсіпного золота в Україні абсолютно недостатні для обґрунтованого вирішення питання про реальні параметри і про практичне значення розсіпів, тобто про можливість їх промислової розробки. Причина цього полягає в складності вивчення золотоносних утворень. Гранулометричний склад золота корінних родовищ — первинних джерел розсіпів — характеризується переважанням зерен дрібних і тонких класів крупності, а також ще більш дрібних частинок. У процесі подальшої еволюції (денудації і транспортуванні) їх розміри ще зменшуються.

На нашу думку, реальна картина поширення і фактичні масштаби розсіпів золота на території України залишилися недостатньо вивченими внаслідок застосування недосконалої методики пошуків. Використана в період найбільш інтенсивних геологорозвідувальних робіт на золото в Україні (в 90-х роках ХХ століття) класична методологія пошуків розсіпів була спрямована на відкриття перш за все алювіальних долинних пластових приплотикових розсіпів з досить

крупним (гравітаційним) золотом. При дослідженнях повсюдно застосовувалися традиційні способи випробування і обробки геологічних проб на лотку. Відомо, що при лотковому промиванні значна частина зерен золота розміром 0,25—0,5 мм може втрачатися, а частки менше 0,25 мм майже не уловлюються [2]. Втрати золота при випробуванні на лотку істотно зростають при наявності зерен специфічної морфології (сплощених, лускатих, пористих), зростків і включень інших мінералів, а також агрегованих з глинистими мінералами, гідроксидами заліза і марганцю. Це означає, що під час геологічного вивчення із застосуванням лоткового промивання проб з ДТЗ в глинистому субстраті результати оцінки золотоносності територій будуть в значній мірі недостовірними і заниженими.

В результаті виявляється, що під час геологічного вивчення розсипної золотоносності України часто порушувався один з найважливіших принципів пізнання: відповідність застосовуваного методу і способу випробування предмету дослідження. З виробничих звітів про результати пошукових робіт на розсипах відомі факти, коли при випробуванні відкладів, що містять дрібне і тонке лускувате золото, основна промивка рядової проби показувала відсутність металу, а контроль втрат по цій же пробі давав вміст в шламах промивання 10 г/т [16]. Така ситуація з рівнем втрат дрібного і тонкого золота досить типова для різних розсипних об'єктів України.

Існують різні схеми класифікації зерен золота по крупності, наприклад, запропоновані Н.В. Петровською [20], ЦНДГРІ та ін. Надалі при розгляді гранулометричних характеристик золота ми будемо використовувати класифікацію М.С. Ковальчука [10]: 1) аномально велике, понад 2,0 мм; 2) велике, 1,0—2,0 мм; 3) середнє, 0,5—1,0 мм; 4) дрібне, 0,25—0,5 мм; 5) дуже дрібне, 0,1—0,25 мм; 6) тонке, 0,05—0,1 мм; 7) пилювате, 0,01—0,05 мм; 8) тонкодисперсне, 0,01 мм і менше.

Під терміном ДТЗ ми розуміємо золото з розмірами частинок металу менше 0,5 мм. Вивчення розсипної золотоносності осадових порід, в яких золото представлено переважно частинками ДТЗ, вимагає використання спеціальних методів підготовки і обробки проб.

Питання вдосконалення цих методів геологічного вивчення та технології подальшої розробки золотоносних пухких відкладень з переважною часткою ДТЗ в останні десятиліття стали актуальними для багатьох золотодобувних країн світу через виснаження запасів із гравітаційним золотом, що легко вилучається. Загальний світовий потенціал природних розсипів і техногенних відвалів, що містять ДТЗ, величезний, але поки недостатньо вивчений. Очевидно, що основні резерви пошуків, розвідки і видобутку розсипного золота найближчого майбутнього пов'язані із ДТЗ [17].

У проблемі пошуків і вивчення золотоносних відкладів із ДТЗ слід виділяти геолого-методичний і технологічний аспекти. Особливість першого полягає в тому, що для України характерні розсипопроявлення, приурочені до істотно глинистих і тонкозернистих фацій флювіальних утворень, які сформовані при спокійній течії водотоку — в старицях, озерах (наприклад, фації прируслових відмілин, заплав, стариць) [8]. Золотоносні скупчення часто знаходяться не в нижній (плотиковій) частині алювіального розрізу (як в «класичних» розсипах золота), а у верхній, «косовій» частині. Це обумовлено гранулометричним складом золота і специфічною тривалою історією розвитку регіону в мезо-кайнозої. Велика частина території була певний час пенеппленізованою рівниною із широ-

ко розповсюдженими на ній потужними площинними корама хімічного вивітрювання (зокрема розвиненими по золоторудних тілах). В результаті чергування морських трансгресій і регресій, частої зміни малюнка річкової мережі [4] раніше сформовані в безпосередній близькості від корінних джерел розсипи «ближнього зносу» згодом могли бути зруйновані. Золото при цьому виносилося і перевідкладалося в проміжних колекторах і цей процес міг повторюватися неодноразово. Тому скупчення розсипного золота в пухкій товщі осадових порід часто формувалися (в сприятливих умовах) далеко від первинних корінних джерел на різноманітних стратиграфічних рівнях. Слід враховувати, що в єдиному розсипу далекого перенесення при злитті декількох потоків може концентруватися золото з різних джерел.

Прогнозовані основні геолого-промислові типи розсипів золота в Україні за класифікацією ЦНДГРІ [3] відносяться до алювіальних долинних похованих розсипів (для розсипів ближнього зносу) і до полігенних високоглинистих розсипів депресійних зон (для розсипів далекого перенесення).

При їх пошуках особливу увагу слід приділяти структурним ситуаціям, сприятливим для концентрації і накопичення корисного компонента. На основі структурно-геоморфологічного і неотектонічного методів вивчення слід виділяти локальні структурно-денудаційні пастки. Зараз для пошуку розсипів широко використовується тектоно-лінеаментний аналіз, що дозволяє вивчати новітній структурний план території, виділяти комплекси денудаційного рельєфу і стадії формування морфоструктур, встановлювати характер перебудови зміни областей розмиву і транспортування уламкового матеріалу, виявляти структурні пастки [12]. При проведенні польових робіт необхідно ретельно досліджувати золотоносні флювіальні відкладення з високою часткою алеврито-піщаної і глинистої складової.

Технологічний аспект досліджень золотоносності осадової товщі полягає у виборі ефективної схеми обробки і збагачення проб, підборі і раціональній комплектації технологічного ланцюга збагачувальних пристроїв та допоміжного обладнання. Зараз для геологорозвідки застосовують великий арсенал різноманітних технічних пристроїв; розроблені і постійно удосконалюються методи і способи випробування, призначені для концентрації і вилучення ДТЗ з золотоносних пухких порід. У сучасній світовій практиці для обробки проб розсипів широко використовують пересувні модульні установки, які комплектуються технологічно пов'язаним класифікуючим і збагачувальним устаткуванням, підібраним в залежності від конкретних характеристик вихідного матеріалу порід, що досліджуються. У загальному вигляді набір обладнання модульної установки для обробки і збагачення проб розсипів включає: грохот-дезінтегратор (зі зйомною перфорацією 2,0; 1,0; 0,5 і 0,25 мм), пісковий насос, короткоконусні гідроциклони, збагачувальні апарати різної конструкції (гвинтові шлюзи, відцентрові концентратори, концентраційні столи, магнітні сепаратори), піскові магістралі, баки для збору і зневоднення продуктів збагачення та інше допоміжне технологічне обладнання.

На ринку обладнання для видобутку золота існують численні пропозиції з виготовлення модулів пробообробки і комплектації збагачувальних пристроїв в залежності від вимог замовника. На жаль, далеко не всі рекламовані апарати відповідають заявленим технологічним характеристикам, тому слід віддавати перевагу перевіреним брендам.

При вивченні утворень з присутністю ДТЗ значно зростає трудомісткість робіт і їх вартість. У той же час, застосування більш досконалих і ефективних методів вилучення ДТЗ при пошуках і розвідці родовищ дозволяють значно підвищити достовірність випробування.

Для формування мінерально-сировинної бази розсипного золота України необхідно починати з ревізії раніше виявлених проявів золота в осадовій товщі. Серед них слід виділити найбільш перспективні об'єкти для подальшого вивчення. До першочергових, на нашу думку, відносяться масштабні скупчення золотовмісних проб і розсипопроявлення, що характеризуються відносно підвищеними концентраціями золота, приурочені до акумулятивних ситуацій та структурних пасток. При проведенні пошукового етапу геологічних робіт головним завданням ревізійного випробування на золото є встановлення факту наявності золотоносності, з'ясування його реальних масштабів, визначення загального вмісту золота і попередня оцінка його розподілу за класами крупності. Для оперативного вирішення цього завдання допустимо застосовувати дещо спрощені схеми обробки проб. Принциповою є особлива увага щодо дрібнопіщано-алевритової і пелітової складової порід — основній фракції, яка потенційно вміщає ДТЗ.

Вихідна проба зважується, ретельно відмучується у воді для відділення глинистих примазок. Дезінтегрований матеріал проби слід класифікувати за класом 0,5 мм. Фракція більше 0,5 мм піддається гравітаційному збагаченню (концентрування із застосуванням спеціального обладнання або особливо ретельна лоткова промивка). Концентрат цієї фракції направляється для відбору і зважування вільного золота. Матеріал піщано-мулисто-глинистої фракції (<0,5 мм) в повному обсязі збирається окремо, зневоднюється згущенням або фільтруванням, висушується і зважується. Для інтенсифікації процесів відділення твердої фракції допустимо застосування флокулянтів. Далі цей матеріал направляється на пробірний або комбінований пробірно-атомно-абсорбційний аналіз. Визначення вмісту золота у фракції <0,5 мм аналітичними методами має принципове значення. Вміст загального золота в вихідній пробі обчислюється по балансу вмістів у фракціях. За результатами випробування пошукового об'єкта повинна бути отримана оцінка характеру і масштабів золотоносності для прийняття рішення про доцільність подальшого, більш детального вивчення ділянки. На цій стадії проводиться перевірка (і можливе коригування) ефективності використовуваної методики оцінки розсипу.

На наступному етапі уточнюється геологічна будова ділянки, оконтурюються золотоносні поклади, оцінюються запаси золота. Головне завдання вивчення розсипної ділянки полягає у виділенні основних технологічних типів пісків і визначенні потенційного промислового значення об'єкта. Необхідно детально вивчити характеристику золота (мінералогію, морфологічні та гранулометричні характеристики зерен, їх склад). Слід визначити співвідношення частки вільного золота і золота в зростках з іншими мінералами: в агрегатах із сульфідами, глинистими мінералами, гідроксидами заліза і марганцю, з органічними залишками. Дрібна фракція (<0,5 мм) додатково класифікується на класи крупності 0,5—0,25; 0,25—0,1; менше 0,1 мм. Фракція менше 0,1 мм за допомогою гідроциклонів додатково поділяється на алевритову і глинисту складові. Дуже важливо, щоб кожен з виділених класів крупності оброблявся і вивчався окремо. Якість обробки проб і повнота вилучення золота обов'язково систематично

контролюються шляхом випробування хвостів всіх стадій обробки та визначення аналітичними методами вмістів золота.

Як було відзначено, обробка проб з істотно глинистим складом і наявністю золота в агрегатах з іншими мінералами представляє особливу складність. При роботі з таким складним з точки зору збагачення матеріалом застосовуються різні способи обробки проб. У спеціальній літературі для підвищення ступеня відділення глинистої складової наводиться, наприклад, хімічне диспергування шляхом обробки матеріалу проби галогенідними сполуками в лужному середовищі [1]. Вивчення впливу цього процесу на ефективність збагачення дозволило встановити, що поєднання циклів пептизація-коагуляція більш ніж в 2 рази підвищує вилучення золота в концентрат. Добрі результати дає механічне диспергування глинистого матеріалу з використанням так званого «крацовочного диспергатора», в якому процес тонкої дезінтеграції глинистого матеріалу здійснюється за рахунок безперервного руйнування його поверхневого шару спеціальною крацовкою. Це дозволяє «розпустити» глину, що обволікає частинки золота, і перевести її в суспензію з частинками вільного золота, що полегшує ступінь вилучення металу в концентрат [22].

Існує безліч запатентованих винаходів для поліпшення якості збагачення золотоносної сировини. На підвищення ступеня вилучення золота спочатку впливає якість класифікації матеріалу за класами крупності, максимальне звільнення частинок золота з агрегатів з іншими мінералами, вибір ефективного апарату для збагачення в залежності від морфології зерен. Так, дрібнолускуваті і сплюснені зерна золота краще відокремлюються при збагаченні в ламінарному потоці з тонкого шару води на слабконахилених поверхнях, наприклад, на гвинтовому шлюзі або шламовому концентраторі. Зерна золота ізометричної форми, масивні, грудкуваті добре збагачуються на відцентрових апаратах і концентраційних столах за умови ретельної класифікації за крупністю і обробки кожної фракції окремо.

У світовій практиці геологорозвідки і видобутку для збагачення золотоносних пухких утворень з високою часткою ДТЗ розроблено велику кількість технічних пристроїв, які використовують головним чином гравітаційні особливості, тобто високу щільність золота. До основних типів збагачувального обладнання відносяться концентраційні столи, відцентрові концентратори, відсадочні машини, різноманітні шлюзові конструкції. Кожен тип представлений широким асортиментом апаратів, що відрізняються за розмірами, продуктивністю, матеріалом робочих поверхонь, технічним виконанням, кінематичною схемою, особливостями живлення і розвантаження матеріалу тощо. Багато закордонних фірм конструюють і виробляють пристрої для збагачення золотомісних концентратів і гравітаційного вилучення золота*.

Зі зменшенням розміру зерна (до 0,1 мм і менше), при сплюсненій, дрібнолускуватій морфології зерен, наявності зростків і агрегатів золота з іншими міне-

* Найбільш відомі, що добре зарекомендували себе, фірми-виробники збагачувального обладнання: Goldfield Engineering and Machine Works, Knelson, Falcon Concentrators Inc., Richard Mozley Limited, Keene Engineering, Vardax. Також конструюванням і виготовленням збагачувальних пристроїв займаються підприємства Росії (ІРГІРЕДМЕТ, НВО «Ітомак», завод «Труд» та ін.). Ринок обладнання сьогодні насичений пропозиціями китайських виробників, що випускають дешевші аналоги виробів відомих західних фірм.

ралами, гравітаційні властивості золота знижують свій вплив на сегрегацію в гравітаційному полі. Для отримання концентратів такого золота досить широко застосовують флотацію, засновану на виділенні золота з пульпи за рахунок його гідрофобних властивостей. Також з метою вилучення золота з концентратів і проміжних продуктів використовуються магніто-рідинні сепаратори, гідрометалургійні методи, плавка.

Для сепарації існують також апарати, що використовують магнітні властивості золота (магнітна сепарація), електропровідність (електродинамічна сепарація), однак сфера їх застосування досить обмежена. Цікаво відзначити, що дослідження способу і розробка пристроїв електродинамічної сепарації для вилучення дрібного золота із шліхових концентратів і продуктів збагачення були розпочаті Дніпропетровським гірничим інститутом [11].

Ефективність концентрації і ступінь вилучення золота на збагачувальних пристроях головним чином залежать від відповідності обраної технології та режиму збагачення складу і властивостям збагачуваного матеріалу. Немає універсальних технічних пристроїв, які могли б ефективно використовуватися на різних об'єктах з розсипним золотом з переважанням ДТЗ. Для кожної пошукової ділянки, родовища необхідно індивідуально розраховувати і підбирати технологічні схеми збагачення і вилучення корисного компонента. Вибір варіанту визначається його економічною і технологічною доцільністю для конкретної сировини і об'єкта з урахуванням оптимальної продуктивності підприємства.

У світовій практиці розробки розсипів і техногенних відвалів з переважанням ДТЗ використовують різні способи видобутку. Спосіб розробки залежить від реальних гірничо-геологічних умов родовища та технологічної характеристики золотоносних утворень і апробується техніко-економічними розрахунками. На практиці найбільш часто використовують відкритий бульдозерний або транспортний способи, дражну розробку. На різних родовищах світу застосовуються різні модифікації купчастого та чанового вилуговування. В даний час все більш широко використовують не ціанідне, а більш екологічно безпечні способи вилуговування: хлоридне, йодидне і бромидне. Відносно новий спосіб видобутку — підземне свердловинне вилуговування золота — зараз апробується на різних родовищах Росії (Урал, Забайкалля, Далекий Схід), Монголії [23]. На практиці зазвичай використовується раціональна комбінація різних способів видобутку. Ефективна технологічна схема підбирається за результатами детального аналізу продуктивних порід, розподілу золота за класами крупності у вихідному матеріалі і визначенням основних гірничо-технічних характеристик ділянки.

На нашу думку, доцільно навести приклад з історії успішного промислового освоєння глибокозалегаючого розсипу р. В. Куранах, який розташований на Алданському щиті на півдні Якутії. Родовище належить до геолого-промислового типу полігенних високоглинистих розсипів депресійних зон. Аналогічні розсипні об'єкти вірогідні в зонах акумуляції на території півдня України, зокрема в Причорномор'ї, тому особливості геологічної будови та золотоносності цього родовища можуть слугувати своєрідною моделлю пошукових об'єктів, що прогнозуються.

Ще в 1947 р. тут був відкритий мілкозалегаючий «висячий» пластовий розсип з «гравітаційного» золота, пов'язаний з сучасним алювієм р. В. Куранах. Цей розсип згодом був відпрацьований. Через деякий час, в результаті геологічного

довивчення (із визначенням вмісту золота в пробах хіміко-аналітичними методами), під відпрацьованим розсипом був встановлений масштабний похований глибокозалегаючий розсип, пов'язаний із ерозійно-структурною депресією (річковою грабен-долиною), складеною потужною товщею пліоцен-плейстоценових, переважно глинистих відкладень [3]. Родовище має ширину близько 1 км і простягається на 20 км. Золотоносна алювіально-глиниста товща потужністю до 80 м представлена чергуванням шарів та лінз із різним ступенем продуктивності без чіткого обмеження окремих пластів. Найбільш багаті «підвісні» шари відповідають «косовим» алювіальним утворенням [12]. У продуктивних пластах домінує тонкопластинчате, лускувате (0,25—0,15 мм) золото, також присутнє губчасте, грудкувате, гідрогенне золото (<0,05 мм). Запаси розсипу перевищують 60 т золота. Мінімальний промисловий вміст 0,232 г/м³. Освоєння глибокозалегаючого розсипу почалося тільки в 2000-х роках (через декілька десятиліть після відкриття родовища) в результаті тривалої роботи із вибору раціональної технології розвідки, розробки і збагачення, а також підбору відповідного сучасного обладнання. Зараз розсип розробляється комбінацією декількох способів відпрацювання [6]. Застосоване збагачувальне устаткування дозволяє за розгалуженою схемою вилучати золото до 78—79 % [11, 13, 17]. Для підвищення вилучення використовується послідовна комбінована технологічна схема: гравітаційне збагачення — флотаж і вилучення в магніто-флокуляційних апаратах — складування хвостів збагачення для купчастого вилуговування.

Цей приклад наочно демонструє, як із раніш непривабливого об'єкта було сформоване унікальне родовище. Це трапилося завдяки розвитку методології вивчення та застосуванню сучасних технологій розробки родовищ з ДТЗ.

Виявлення та освоєння розсипних родовищ України можливі тільки шляхом підвищення достовірності досліджень за умови використання адекватних методів збагачення і аналізу проб, спрямованих на вивчення ДТЗ. Необхідний комплексний підхід до вирішення даної проблеми. З одного боку — це розвиток теоретичних уявлень про речовинний склад золотоносних утворень України, виявлення основних закономірностей вилучення ДТЗ з глинистих розсипів; з іншого — застосування сучасних технологій і ефективних технічних пристроїв для підвищення ступеня вилучення корисного компонента.

Висновки

1. Високий попит на золото і зростання цін на нього на світовому ринку в останні десятиліття на тлі виснаження запасів, що легко вилучаються, стимулює введення в промислове освоєння раніше нерентабельних родовищ з відносно невисокими вмістами і важкозбагачуваною сировиною, що, в свою чергу, стимулює модернізацію і динамічний розвиток методології пошуково-розвідувальних робіт та вдосконалення технологій видобутку золота.

2. Для розсипів України характерні переважання дрібних і тонких фракцій золота в істотно глинистих фаціях осадових порід та складна геологічна будова золотоносних ділянок. Найбільш значущі очікувані родовища розсипного золота України за геолого-промисловими типами належать до алювіальних долинних похованих розсипів (для розсипів ближнього зносу) і до полігенних високоглинистих розсипів депресійних зон (для розсипів далекого перенесення).

3. З метою створення в Україні мінерально-сировинної бази розсипного золота необхідно на основі сучасного наукового і технологічного підходу проводити геологічні дослідження, що включають ревізію раніше отриманих даних по золотоносності, і пошук нових перспективних площ та ділянок, виділених на базі структурно-геоморфологічного і неотектонічного методів дослідження. При цьому слід використовувати сучасні технології, такі як аналіз матеріалів дистанційного зондування і цифрового рельєфу Землі, структурно-лінеamentний аналіз та інші методики, спрямовані на виявлення структурних обстановок і ділянок, сприятливих для транспортування, концентрації і накопичення золотоносного матеріалу.

4. При випробуванні пухких золотоносних відкладень для з'ясування характеру розподілу золота по крупності слід окремо вивчати золотоносність великої (> 0,5 мм) і дрібної (<0,5 мм) фракцій матеріалу проби. Дрібна фракція повинна вивчатися із застосуванням хіміко-аналітичних методів аналізу на золото. Особливу увагу необхідно приділяти систематичному контролю втрат золота в хвості кожної аналізованої фракції.

5. Вибір збагачувальних і допоміжних технічних пристроїв при обробці проб, а також технології збагачення і вилучення золота з пухкої товщі повинні ґрунтуватися на характеристиках і властивостях золота і вміщуючих порід конкретної ділянки.

Актуальне завдання з переоцінки потенціалу розсипного золота в пухких мезо-кайнозойських утвореннях України, а також з розробки нової сучасної прогностно-пошукової концепції може бути успішно вирішене насамперед силами геологічних підрозділів НАН України. Тут накопичено величезний досвід ведення геологічних досліджень і збережений штат високопрофесійних співробітників. Необхідно посилити технічне оснащення польових робіт в частині забезпечення ефективними пристроями для пробообробки і збагачення золотоносного матеріалу з важкодобувним золотом. Це дає підстави сподіватися на відкриття родовищ розсипного золота в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александрова Т.Н., Кусков В.Б. Разработка методов повышения эффективности гравитационного извлечения мелкого и тонкого золота из россыпей различного генезиса. *Записки Горного института*. СПб., 2014. **210**. С. 69—77.
2. Аммосов Р.А., Башлыкова Т.В., Московец И.А., Безродных В.И. К оценке потерь мелкого и тонкого золота при лотковом опробовании россыпей. *Горный журнал*. 2002. № 2. С. 38—41.
3. Варганян С.С., Матвеева Е.В., Надбровенков О.С., Риндзюнская Н.М., Сапрыкин А.А., Филиппов В.П. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Вып. «Экзогенная золотоносность» / ЦНИГРИ. Москва, 2002. 130 с.
4. Гойжевский А.А. Древние долины Украинского щита. Геоморфология. 1978. № 2. С. 18—25.
5. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянский В.А. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые. Киев-Львов: Центр Европы, 2005. 785 с.
6. Ермаков С.А., Бураков А.Н. Методические рекомендации по выбору и обоснованию рациональной комбинации способов открытой разработки месторождения россыпного золота реки Б. Куранах. *ГИАБ*. 2013. № 4. С. 123—131.

7. Кардаш В.Т., Лебедь Н.И., Яценко Ю.Г. Золотоносность донных осадков Азовского моря. *Мин. рес. України*. 1996. № 3. С. 10—11.
8. Ковальчук М.С. Особливості міграції золота в еволюційно-генетичному ряду залишкових кір вивітрювання і золотоносних розсипів. *Геол. журн*. 2001. № 2. С. 94—102.
9. Ковальчук М.С. Золотоносність осадових утворень фанерозою України. Сучасні проблеми літології і мінералогії осадових басейнів України та суміжних територій. *Зб. наук. праць ІГН НАН України*. Київ, 2008. С. 241—247.
10. Ковальчук М.С. Золотоносність осадових комплексів України. *Мінерал. зб.* 2001. № 51, Вип. 1. С. 75—87.
11. Ковлеков И.И. Техногенное золото Якутии. Москва: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2002. 303 с.
12. Корчуганова Н.И. Геология россыпей. Методические рекомендации. Москва: ГЕОКАРТ-ГЕОС, 2010. 306 с.
13. Ларионов В.Р., Федоров Ф.М., Матвеев А.И., Нечаев П.Б., Ларионов А.С. Технология раздельного обогащения глубоко погребенных россыпей золота реки Б. Куранах. *ГИАБ*. 2012. № 8. С. 184—189.
14. Лисенко О.А. Розсипні родовища України. Стан освоєння та перспективи нарощування їхнього потенціалу. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2017. № 3. С. 74—89.
15. Ломакин И.Э., Кочелаб В.В. Тонкое и дисперсное золото осадочного чехла северо-западного Причерноморья. Проблемы и перспективы. *Геол. і кор. копал. Світового океану*. 2019. № 1. С. 87—96. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.01.087>
16. Ломакин И.Э., Сарви́ров Е.А., Кочелаб В.В. Актуальні питання пошуку родовищ розсипного золота півдня України. *Геол. і кор. копал. Світового океану*. 2020. № 4. С. 32—40. <https://doi.org/10.15407/gpimo2020.04.032>
17. Лунев Б.С., Наумов В.А. Мелкое золото — главное золото нашей планеты. *Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы регион. науч. конф.* Пермь, 2000. С. 50—55.
18. 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. і кор. копал. Світового океану*. 2016. № 2. С. 48—56. <https://doi.org/10.15407/gpimo2016.12.048>
19. Маслаков М.О., Иванченко В.В., Ільїна А.С. Тонке та дисперсне золоте зруденіння на північно-західному узбережжі Чорного моря. *Геол. і кор. копал. Світового океану*. 2017. № 4. С. 79—87. <https://doi.org/10.15407/gpimo2017.04.079>
20. Петровская Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). Москва: Наука, 1973. 348 с.
21. Сарви́ров Е.А. О проблеме изучения россыпепроявлений с мелким и тонким золотом в Северном Причерноморье Украины. *Геол. і кор. копал. Світового океану*. 2019. № 3. С. 97—102. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.03.097>
22. Усов Г. А., Фролов С. Г., Тарасов Б. Н. Разработка технологии извлечения россыпного микронного золота с использованием диспергирования глинистой составляющей вмещающих пород. *Известия вузов. Горный журнал*. 2019. № 5. С. 75—82.
23. Фазлуллин М.И., Шаталов В.В., Авдонин Г.И., Смирнова Р.Н., Ступин В.И. О подземном выщелачивании золота. *Мин. ресурсы России. Экономика и управление*. 2005. № 3. С. 52—59.
24. Федорончук Н.А. Тонкое золото в донных отложениях Днепровского желоба (Северо-Западный шельф Черного моря): перспективность, морфология, генезис. *Геол. і кор. копал. Світового океану*. 2019. № 3. С. 82—96. <https://doi.org/10.15407/gpimo2019.03.082>
25. Шнюков Е.Ф. Поиски месторождений мелкого и тонкого золота в Азово-Черноморском регионе — важная геологическая проблема XXI века. *Геол. проблемы Черного моря*. Киев, 2001. С. 11—22.
26. 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.

Стаття надійшла 17.09.2021

I.E. Lomakin, Dr. Sci. (Geol.), Head department

E-mail: igorlomakin@gmail.com

ORCID 0000-0003-2745-2579

MorGeoEcoCenter of the NAS of Ukraine

01054, Kyiv, st. Olesya Honchara, 55-B

Ye.A. Sarvirov, Junior Researcher

E-mail: easarvirov@gmail.com

ORCID 0000-0001-5429-5834

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation
of the NAS of Ukraine

03680, Kyiv, ave. Academician Palladin, 34

V.V. Kochelab, Senior Research Scientist

E-mail: vkdkochelab@gmail.com

ORCID 0000-0002-4888-9297

MorGeoEcoCenter of the NAS of Ukraine

01054, Kyiv, st. Olesya Honchara, 55-B

PECULIARITIES OF SEARCH FOR PLACER DEPOSITS OF GOLD OF THE SOUTH OF UKRAINE

The long-term high level of world gold prices against the background of depletion of reserves with easily extracted metal leads to the search for and introduction into industrial development of deposits, even with low-tech ores and sands. This, in turn, requires the introduction of effective technologies for the enrichment and extraction of gold, contributes to the improvement of methods of exploration. At present, numerous manifestations of placer gold of various scales are known in the sedimentary strata of Meso-Cenozoic deposits in the south of Ukraine. But the real picture of the distribution and the actual scale of gold deposits in Ukraine are uncompleted and unreliable. This is due to the inconsistency of the applied search technique, which was aimed at identifying near-subglacial valley deposits, to the actual properties of gold-bearing formations. Gold in most Ukrainian placers is represented mainly by small, fine and dispersed particles in a significantly clay substrate. Therefore, the traditional geological samples washing by tray led to excessive losses of fine gold and to a significant underestimation of the gold potential. That is why we need to revise the results of previously obtained geological data. Detection of placer gold deposits of Ukraine is possible under the condition of increasing the efficiency of the local forecast and the reliability of field research. The most favorable situations for the accumulation of a useful component are structural denudation traps in tectonic depressive zones. The technology of sample enrichment must correspond to the actual properties of specific raw materials in the placer object. The types of technological equipment are given and some ways of increase of efficiency and reliability of test are offered. The article continues the series of publications devoted to solving the problems of studying placer gold content with a dominant share of fine and dispersed gold in sedimentary formations of the south of Ukraine.

Keywords: *Ukraine, Northern Black Sea coast, gold placers, methods and technologies of testing, enrichment of concentrates, small-fine-dispersed gold, revision of results, methods of development.*