

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.1.273683>
УДК 553.068.5

Розсипні родовища алмазів та умови їх формування

В.Т. Підвисоцький *, Н.М. Остафійчук, С.І. Башинський

Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, Україна
E-mail: victor.pod1948@gmail.com; onm.gef@ukr.net; iptbass@gmail.com

* Автор для кореспонденції

Узагальнено інформацію опублікованих джерел по розсипних родовищах алмазів, з якою були ув'язані власні матеріали по темі, отримані в результаті польових та лабораторно-аналітичних робіт, які проведені в різних країнах Африки та Південної Америки. Розглянуті і з певною деталісттю охарактеризовані основні типи розсипних родовищ алмазів – флювіальні, флювіогляціальні, еолові та техногенні. Основна увага приділена флювіальним континентальним розсипам, які є найбільш різноманітними, добре вивченими та мають найбільше промислове значення. Серед них розглядаються за способом живлення первинні, вторинні та змішані, а за дальністю переміщення алмазоносного матеріалу – ближнього, помірного та далекого переносу. Розсипи ближнього зносу – дельвіально-пролювіальні та руслові коротких водотоків дуже інформативні для пошуків корінних джерел. В роботі розвинені та уточнені уявлення про умови формування розсипів алмазів в різних ландшафтно-геологічних умовах. Детально охарактеризовані алювіально-пролювіально-озерний та пролювіально-озерний типи розсипів, які вивчені в Якутії та Бразилії. Континентальні алювіальні розсипи далекого зносу та перевідкладення, а також морські дають найбільше високоякісні дорогі алмази. Нерідко такі розсипи формуються внаслідок розмиву древніх протерозойських розсипів, які відносяться до категорії викопних. В статті узагальнено генетичні та морфологічні типи розсипів алмазів у вигляді принципової схеми розподілу осадових колекторів кімберлітових мінералів, виділені ландшафтно-динамічні зони седиментації. Розроблена схема класифікаційних типів осадових колекторів, які вміщують розсипи алмазів. Виділені континентальна, перехідна та морська обстановки, серед яких розрізняють такі середовища седиментації: пенеплен, алювіально-озерна акумулятивна рівнина, алювіально-дельтова рівнина та шельфові зони морських басейнів. Показано, що на формування долинних розсипів, їхню внутрішню будову, потужність, гранулометричний склад та алмазоносність алювію впливають динамічні фази формування річних долин. Наведена візуалізація взаємного співвідношення різних морфогенетичних типів розсипних родовищ алмазів.

Ключові слова: розсипи алмазів; типи родовищ; умови формування; Африка; Бразилія.

Цитування: Підвисоцький В.Т., Остафійчук Н.М., Башинський С.І. Розсипні родовища алмазів та умови їх формування. *Геологічний журнал*. 2023. № 1 (382). С. 17–38. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.1.273683>
Citation: Pidvysotskyi V.T., Ostafiychuk N.M., Bashynsky S.I. 2023. Placer deposits of diamonds and their formation conditions. *Geologičnij žurnal*, 1 (382): 17–38. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2023.1.273683>

© Publisher Institute of Geological of the NAS of Ukraine, 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2023. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Вступ

Незважаючи на порівняно невеликий об'єм видобутку алмазів із розсипних родовищ, вони мають важливе промислове значення завдяки високій якості алмазів, що видобуваються, серед яких переважають камені ювелірних сортів високої вартості. Узагальнених робіт по даній темі не так багато, а в іноземних джерелах вони майже відсутні. В фундаментальних працях по даній проблематиці за останні 15–20 років у цілому розглянуті всі нюанси розсипної алмазності, доволі детально охарактеризовані будова та склад різних типів розсипних родовищ алмазів (Минорин и др., 2004; Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015). У роботі (Минорин и др., 2004), окрім детально охарактеризованих морфогенетичних типів осадових продуктивних товщ, висвітлені питання прогнозування, пошуків і розвідки розсипних родовищ алмазів, а також надані рекомендації по етапності геологорозвідувальних робіт та алгоритм досліджень на різних стадіях пошукового процесу. Але всі вони розроблені в основному на базі якутських родовищ і більше спрямовані на пошуки родовищ алмазів у ландшафтно-геологічних умовах арктичного регіону.

Мета даної публікації полягає в узагальненні опублікованої інформації по темі та власних польових і лабораторно-аналітичних матеріалів, які отримані за період 2000–2016 рр. Дослідження були проведені в різних країнах на різних континентах (табл. 1).

Таке узагальнення дозволяє порівняти отримані результати з відомими на сьогоднішній день матеріалами по розсипних родовищах алмазів і сформулювати деякі нові висновки про будову родовищ та умови їх формування. В цілому ж стаття базується на результатах попередніх досліджень багатьох авторів.

Якщо говорити про сучасні алювіальні розсипи, які дають основні об'єми розсипних алмазів, то формування їх на різних континентах має свою деяку специфіку. Так, в Якутії – це лісо-тундрова ландшафтна зона з арктичним кліматом, у Гвінеї і Бразилії – зона джунглів з вологим гумідним кліматом, а в Анголі, Зімбабве і Центральноафриканській Республіці (ЦАР) – це савана, де сухі сезони змінюються на сезони злив, з формуванням характерних відкладів «сухих» річок.

Отримані висновки дозволять більш цілеспрямовано прогнозувати перспективні площі та обирати найбільш раціональний комплекс пошукових методів, у тому числі на території України. Як відомо, геологічні дослідження ще в середині минулого століття показали, що в геологічних умовах України можуть бути поки що не виявлені корінні та розсипні родовища алмазів (Металіди та ін., 1999). Тим більше, можна ще говорити про присутність тут ільменіт-цирконових розсипів з алмазами (Цымбал, Полканов, 1975), але алмази в них дуже дрібні і тому не мають великого практичного значення. Слід відмітити, що при геологопошукових роботах на території України повною мірою була використана шліхо-мінералогічна методика, яка застосовувалась в Якутській алмазонасній провінції. Опробувався сучасний алювій річкових систем і яро-балкової сітки – вздовжберегові відклади, відклади кос і обмілин. Але якщо в районах розвитку відомих кімберлітових полів в Якутії при сучасному розмиві саме в цих відкладах розповсюджені продукти руйнування кімберлітів, то в Україні з її потужним лесовим покриттям, який бронює більш древні комплекси порід, сучасний муло-пісковий алювій є малоінформативним

Таблиця 1. Типи розсипів алмазів, які вивчалися авторами
Table 1. Types of placer diamond deposits studied by the authors

| Вік | Морфогенетичні типи | Регіони |
|-----|--|------------------------------------|
| KZ | Долинні (руслові, терасові) помірного та далекого переносу | Саха – Якутія, Гвінея, Ангола, ЦАР |
| K2 | Алювіально-пролювіально-озерні | Ангола, Бразилія |
| J1 | Пролувіально-озерні | Саха – Якутія |
| PR | Елювіальні на алмазонасних конгломератах | Зімбабве, Бразилія |

як у генетичному плані, так і по гранулометрії. Опробування такого алювію дає неконтрастні ореоли дрібних зерен мінералів-супутників і в основному мікроалмази, розмір яких, як правило, дрібніше за 0,5 мм (Гейко та ін., 2006; Остафійчук та ін., 2012). Тим не менш, відкриття розсипних і корінних родовищ алмазів на території України є питанням часу і фінансів.

Методи досліджень авторів – це аналіз і систематизація відомих матеріалів, вивчення літологічних особливостей та розподілу індикаторних мінералів кімберлітів в алмазоносних відкладах у польових умовах. Лабораторні аналізи (літологічний, рентгеноструктурний глин, спектральний) виконано в лабораторіях компаній-замовників пошуково-оцінювальних робіт (BHP Billiton, Австралія, Indiamina, Ангола, De Beers, ПАР). Обробка результатів польових та лабораторно-аналітичних досліджень, вивчення індикаторних мінералів проведено в Державному університеті «Житомирська політехніка».

Розсипні родовища алмазів та умови їх формування

Висока твердість, хімічна та абразивна міцність алмазу визначають можливість його багаторазового перевідкладення і концентрації в широкому спектрі обстановок – від елювіально-схилових розсипів у контурі та в безпосередньому обрамленні кімберлітових тіл, через долини високих порядків до прибережної зони та шельфу моря. Під час перенесення підвищується якість алмазів внаслідок руйнування дефектних зерен і за рахунок відносної концентрації ювелірних індивідів. У процесі перенесення і перевідкладення порушується безпосередній зв'язок алмазоносних розсипів з їхніми першоджерелами, а в живленні розсипів задіяні проміжні колектори – древніші алмазоносні осадові формації. У низці випадків узагалі не вдається достовірно простежити зв'язок алмазоносних розсипів із певними джерелами та проміжними колекторами. Так, у ЦАР розробляються багаті алювіальні розсипи дуже високоякісних алмазів (багаторазово перевідкладених), але де знаходяться корінні джерела, поки що невідомо.

Типи розсипів алмазів за способом живлення, віддаленістю від джерел живлення та віком

За способом живлення розрізняють такі типи розсипів: а) первинні, прямого розмиву корінних джерел; б) вторинні, перевідкладені, які сформувалися внаслідок перемивання більш древніх проміжних колекторів і розсипів алмазів; в) розсипи змішані, комбінованого живлення. Вони утворені внаслідок розмиву як корінних джерел, так і древніх теригенних алмазоносних відкладів (рис. 1). Промисловий розсип може бути генетично однорідним або неоднорідним (гетерогенним) і живитися від одного або кількох джерел – як первинних, так і проміжних.

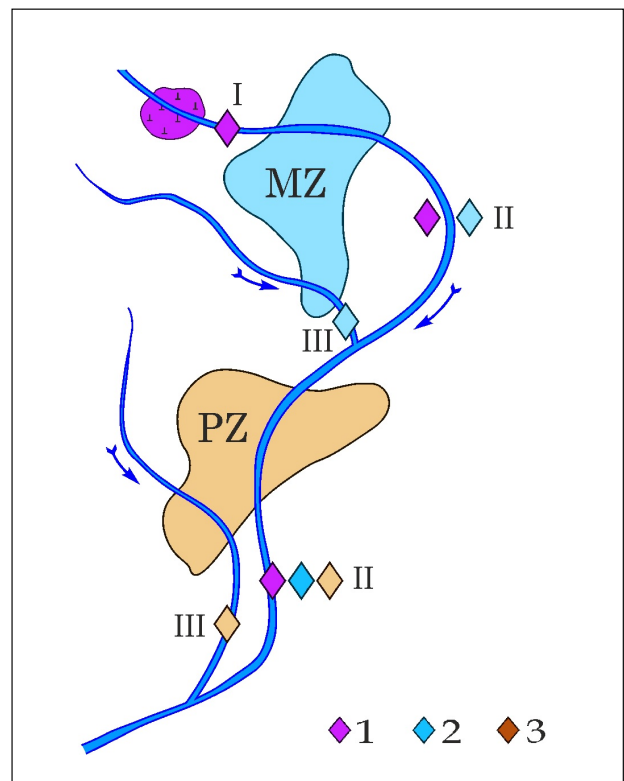


Рис. 1. Типи розсипів за способом живлення: I – первинні, прямого розмиву кімберлітів (1); II – комбінованого живлення, сформовані у результаті денудації кімберлітів і проміжних колекторів алмазів (більш древніх розсипів); III – вторинні, перевідкладені розсипи, які сформувалися внаслідок перемивання древніх, мезозойських (2) і палеозойських (3) розсипів

Fig. 1. Types of placer diamonds by feeding method: I – primary, direct erosion of kimberlites (1); II – combined feeding, formed due to denudation of kimberlites and intermediate diamond collectors (more ancient placers); III – secondary, redeposited placers, which were formed due to washing of ancient, Mesozoic (2) and Paleozoic (3) placers

За віддаленістю від джерел живлення виділяють розсипи ближнього, помірного і далекого зносу і перевідкладення.

Розсипи ближнього зносу (елювіальні, делювіально-пролювіальні, алювіальні коротких водотоків) формуються безпосередньо біля корінних першоджерел і характеризуються близькими до них гранулометричним складом, морфологією, якістю і сортністю алмазів. Сортування алмазів за розміром і якістю не спостерігається або слабо виявлене, присутні властиві корінним першоджерелам дефектні, тріщинуваті кристали, їхні осколки й уламки. Характерна наявність усього комплексу парагенетичних мінералів-супутників різної крупності та гарного збереження (рис. 2, а). Алмазоносність і розміри промислового розсипу ближнього зносу значною мірою залежать від алмазоносності та розмірів живильного корінного родовища. З віддаленням від першоджерела значення середньої маси зерен алмазів досить швидко зростає через швидке винесення дрібних кристалів. Розсіпні родовища формуються лише біля високоалмазоносних корінних родовищ і, за відсутності додаткових живильних джерел, мають невелику протяжність до кількох кілометрів. У разі комбінованого живлення розсипу ближнього зносу алмазами з корінного і проміжного джерел протяжність промислового розсипу значно збільшується.

Необхідно відмітити, що хоча розсипи ближнього зносу – делювіально-пролювіальні та руслові коротких водотоків не мають великого промислового значення, але вони дуже інформативні для пошуків корінних джерел. Важливо при пошукових роботах надійно діагностувати їх за літолого-фаціальними та мінералогічними ознаками (Харьків, 1978; Прокопчук, 1979).

Розсипи далекого зносу і перевідкладення (алювіальні протяжних водотоків, прибережно-морські) не мають видимого просторового зв'язку з корінними родовищами і формуються на віддалі від них від десятків до багатьох сотень кілометрів у сприятливих для концентрації алмазів геолого-структурних умовах. Таким розсіпам властиві гарне сортування алмазів за крупністю, відсутність первинно дефектних кристалів, порівняно висока якість алмазів, нерідко наявність округлих механічно обкатаних алмазів. У таких розсіпах відзначаються незначна кількість парагенетичних мі-



Рис. 2. Мінерали-супутники алмазу (піроп, пікроільменіт, хромдіопсид) з континентальних розсіпів ближнього перенесення (а), піропи з прибережно-морських розсіпів далекого перенесення (б) і пікроільменіти з піропами з розсіпів помірного зносу (в)

Fig. 2. The accompanying minerals of diamonds (pyrope, picroilmenite, chromium diopside) from continental placers of short transport (a), pyrope from coastal marine placers of far transport (b) and picroilmenite with pyrope from placers of moderate wear (c)

нералів-супутників (зазвичай лише піропи), дрібні їхні розміри, погане збереження і гранична обкатаність зерен (рис. 2, б). Алювіальні розсипи далекого зносу і перевідкладення, у зв'язку з широким площинним поширенням вторинних живильних джерел, мають зазвичай велику довжину.

Розсипи помірного зносу і перевідкладення за своїми особливостями посідають проміжне місце між розсипами ближнього і дальнього зносу. Вони формуються в сприятливих геолого-структурних умовах, віддалені від першоджерел на відстані від перших до кількох десятків кілометрів, але просторовий їх зв'язок з останніми повністю не втрачений. Для них характерні середній, рідше високий ступінь сортування алмазів за розміром, незначна кількість первинно дефектних кристалів, підвищена, порівняно з першоджерелами, їхня якість. У розсипах відзначається скорочений комплекс зерен парагенетичних мінералів-супутників, зазвичай це піроп і пікроільменіт середнього та поганого збереження (рис. 2, в).

За часом утворення розрізняють розсипи сучасні та древні. Розсипи можуть бути поховані під чохлом молодших відкладів, формування яких не пов'язане з процесом їх утво-

рення. У цих випадках говорять про поховані розсипи, які можуть бути перекриті відкладами різного походження – алювіальними, льодовиковими, вулканогенними тощо. Розсипи, що залягають у давніх осадових формаціях, належать до категорії викопних розсипів.

Найбільш древніми утвореннями, в яких зафіксовано алмази, є конгломерати системи Вітватерсранд у Південно-Африканській Республіці – ПАР (вік 2,9–2,3 млрд років), яка є доволі добре вивченою завдяки приуроченості до них багатій золото-урановій мінералізації. Алмази містяться в кварцово-галькових конгломератах верхнього відділу серії, що сформувалися в прибережно-морських і дельтових умовах. Алмази з розглянутих утворень невеликі за розмірами, їхня середня маса не перевищує 1 кар., більшість кристалів мають округлу обкатану форму. Практично всі камені забарвлені в різні відтінки жовто-зеленого і зеленого кольору, які зникають при огранюванні (Метелкіна и др., 1976).

Морфогенетичні типи розсипів алмазів

Генетичні та морфологічні типи розсипних родовищ алмазів узагальнено в морфогенетичній класифікації на рис. 3 і в табл. 2 (Подвысоцкий, Белов, 1995; Остафійчук та ін., 2012).

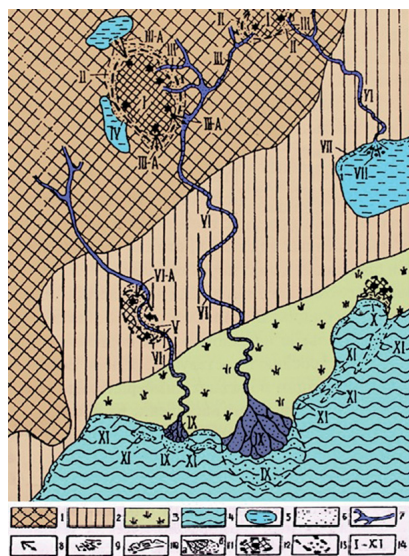


Рис. 3. Принципова схема розподілу осадових колекторів кімберлітових мінералів в різних седиментаційних обстановках:

Ландшафтно-палеогеографічні обстановки седиментації: 1 – низовинна денудаційно-аккумулятивна долина; 2 – низовинна алювіально-озерна аккумулятивна долина; 3 – алювіально-озерно-болотна прибережна аккумулятивна долина; 4 – морський басейн. *Ландшафтно-динамічні зони седиментації:* 5 – озерні басейни; 6 – аккумулятивні форми осадових колекторів алмазу; 7 – русла річок (постійні короткі водотоки, протяжні транзитні водотоки); 8 – конуси виносу і шлейфи розносу пролювіальних відкладів; 9 – відклади пригирлових виносів у кінцевих водоймах; 10 – локальні денудаційні виступи та абразивне узбережжя; 11 – дельти: а – відклади алювіально-дельтових рівнин (субаеральна частина дельти), б – відклади рухомого пригирлового мілководдя морського басейну (авандельта); 12 – кімберлітові площі; 13 – реліктові поля розвитку древніх проміжних колекторів алмазу; 14 – класифікаційні типи осадових колекторів алмазу (див. табл. 2)

Fig. 3. Diagram of the distribution of sedimentary reservoirs of kimberlite minerals in different sedimentation situations:

Landscape and paleogeographic conditions of sedimentation: 1 – lowland denudation-accumulative valley; 2 – lowland alluvial-lake accumulative valley; 3 – alluvial-lake-swamp coastal accumulative valley; 4 – sea pool.

Landscape-dynamic zones of sedimentation: 5 – lake basins; 6 – accumulative forms of sedimentary diamond collectors; 7 – riverbeds (permanent short watercourses, long transit watercourses); 8 – removal cones and plumes of proluvial sediments; 9 – deposits of near-estuarine sediments in final reservoirs; 10 – local denudation protrusions and abrasive coast; 11 – deltas: a – deposits of alluvial-delta plains (subaerial part of the delta), b – sediments of the moving estuarine shallow water of the sea basin (avandelta); 12 – kimberlite areas; 13 – relic fields of development of ancient intermediate diamond collectors; 14 – classification types of sedimentary diamond collectors (see Table 2)

Таблиця 2. Схема класифікаційних типів древніх осадових колекторів, які містять розсипи алмазів

Table 2. Scheme of classification types of ancient sedimentary reservoirs containing diamond placers

| Обстановка | Середовище седиментації | Тип | Генетичний тип | | Фаціальний тип |
|----------------|---|--|--|----------------------------|-----------------------------------|
| | | | Динамічний тип акумуляції | Динамічна форма акумуляції | Ландшафтна зона |
| Континентальна | Слабо розчленована денудційно-акумулятивна рівнина (пенеплен) | I | Незміщені продукти гіпергенного перетворення порід | Елювіальна | Плоских височин |
| | | II | Гравітаційно-змивного перерозподілу | Колювіально-делювіальна | Схилів та їх підніж |
| | | III-A | Стокового перерозподілу | Пролювіальна | Тимчасових потоків |
| | | III | Потокового переміщення | Алювіальна | Коротких водотоків |
| | | IV | Кінцевих водойм | Підводно-алювіальна | Прибережних частин озерних водойм |
| | Алювіально-озерна низовинна акумулятивна рівнина | I | Незміщені продукти гіпергенного перетворення | Елювіальна | Локальних плоских височин |
| | | V | Гравітаційно-стокового перерозподілу | Колювіально-делювіальна | Схилів і підніж |
| | | VI-A | Стокового перерозподілу | Пролювіальна | Тимчасових потоків |
| | | VI | Водних потоків | Алювіальна | Протяжних водотоків |
| | | VII | Кінцевих водойм | Підводно-алювіальна | Пригирлове мілководдя басейнів |
| Берегова | Пляжів крупних озерних водойм | | | | |
| Перехідна | Алювіально-дельтова рівнина і прибережно-басейнові зони | VIII | Водно-стокового перерозподілу | Пролювіальна | Тимчасових водотоків |
| | | IX | Водних потоків | Алювіальна | Коротких постійних водотоків |
| | | | | | Субаеральних дельт |
| X | Кінцевих водойм | Підводно-алювіальна (річкових виносів) | Підводних дельт | | |
| Морська | Зовнішні шельфові частини морських басейнів | XI | Кінцевих водойм | Берегова | Морських пляжів |
| | | | | Донна | Прибережних обмілин |

Елювіальні розсипи формуються внаслідок фізичного та хімічного вивітрювання корінних першоджерел і древніх проміжних колекторів у межах границь останніх. Потужність кір вивітрювання коливається від перших до кількох метрів у холодному і до кількох десятків метрів у теплому вологому кліматі.

Алмазоносність елювію різна і змінюється залежно від різновидів руд, продуктивних «пісків» і типу вивітрювання. У корах хімічного вивітрювання вона підвищена у верхній частині розрізу елювію, в корах фізичного, особливо мерзлотного вивітрювання – у нижній частині. Виділяють два підтипи елювіальних розсипів: на кімберлітах і на проміжних теригенних колекторах.

Елювіальні розсипи на кімберлітах мають широкий розвиток. Найбільші елювіальні розсипи кір хімічного вивітрювання розвинені на кімберлітах Африки – ПАР, Ботсвана, Лесото (Подчасов и др., 2005). В умовах холодного арктичного клімату елювіальні розсипи утворюються тільки на багатих корінних джерелах. Вони характеризуються невеликими потужностями і приурочені лише до діяльного шару багаторічної мерзлоти. Прикладом таких розсипів можуть слугувати елювіальні розсипи на трубках Мир, Удачна, Айхал в Якутії (Рожков и др., 1963; Прокопчук, 1979).

Елювіальні розсипи на кімберлітах, що сформувалися в умовах гумідного тропічного клімату, мають найбільше поширення у Південній Африці. При цьому, на відміну від розсипів Якутії, вони формуються як за рахунок багатих, так і за рахунок відносно бідних кімберлітових тіл. У будові таких розсипів спостерігається чітка вертикальна зональність.

Безпосередньо на кімберліті залягає горизонт «синьої землі», який складений синювато-чорною глиною з невеликою кількістю щебеню вивітрених кімберлітів, його потужність зазвичай становить 10–60 м. Вище залягає горизонт «жовтої землі», представлений глиною жовтувато-сірого, жовтувато-коричневого кольору, яка просочена карбонатами магнію і заліза. Потужність горизонту сягає 15–20 м, вміст алмазів в елювії вищий, ніж у корінному кімберліті (табл. 3).

Елювіальні розсипи на древніх проміжних колекторах зазвичай формуються в умовах тропічного клімату. Древні алмазоносні конгломерати розвинені в різних провінціях світу (Південній Америці, Індії, Австралії), а на Африканському континенті вони є джерелом багатих мезокайнозойських розсипів – родовища Сьєрра-Леоне, Ліберії та ін. (Трофимов, 1980). Прикладом елювіальних розсипів Африки цього типу є розсипи Чіманімані і Маранге в Зімбабве. Вони сформовані на мезопротерозойських вулканогенно-осадових породах групи Умкондо, що обрамляють Зімбабвійський кратон. Конгломерати складаються з великих добре обкатаних кварцових уламків, у цементній матриці присутні кварц, зерна польового шпату і незначна кількість біотиту, амфіболу, циркону, рутилу, піриту (рис. 4). Ці розсипи відрізняються від багатьох древніх розсипів високими вмістами алмазів (понад 1,5 кар./т), причому в елювії їхній вміст у кілька разів вищий. Поверхні кристалів вкриті гідроокислами заліза, колір каменів здебільшого зелений і коричневий, за формою переважають округлі матовані зерна (Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015).

Таблиця 3. Збагачення алмазами елювію кімберлітових тіл (Устинов, 2015)

Table 3. Diamond enrichment of the kimberlite bodies eluvium (Ustinov, 2015)

| Родовище | Потужність «жовтої землі», м | Вміст алмазів | | K _{збагачення} |
|----------------------|------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------|
| | | у вихідній породі, кар./т (кар./м ³) | в елювії, кар./м ³ | |
| Прем'єр (ПАР) | 11 | 0,26 (0,51) | 3,0 | 6 |
| Робертс-Віктор (ПАР) | 40 | 0,17 (0,35) | 1,0 | 2,8 |
| Бултфонтейн (ПАР) | 22 | 0,17 (0,35) | 1,5 | 4,3 |
| Ягерсфонтейн (ПАР) | | 0,025 (0,05) | 0,08 | 1,6 |
| Бананкоро (Гвінея) | 3–25 | 0,15 | 1,3 | 4,7 |
| Кагока (Ангола) | | 0,4 (0,8) | 1,69 | 2,1 |



Рис. 4. Елювіальний розсип на древніх алмазонасних конгломератах Чіманімані (Зімбабве)

Fig. 4. Eluvial placer on the ancient diamond-bearing conglomerates of Chimanimani (Zimbabwe)

В Бразилії алмазонасний елювій встановлений на вивітрених виходах древніх алмазонасних «філітів» і протерозойських конгломератів льодовикового походження формації Сопа, а також у більш молодих ранньопермських, крейдових алмазонасних конгломератах і палеоген-неогенових конгломератах Діамантіс. Вони являють собою відклади тимчасових потоків на поверхні древньої основи. Вміст алмазів у розсипах становить 0,5–1 кар./м³, близько 90 % кристалів належать до ювелірних сортів (Метелкіна и др., 1976; Подчасов и др., 2005).

Найважливішим алмазонасним районом Бразилії є округ Діамантіна (штат Мінас-Жерайс), де розробляють четвертинні розсипи і докембрійські алмазонасні конгломерати, за рахунок яких вони сформовані. Перекриваючі відклади представлені пісками і глинами. Вміст алмазів становить близько 1 кар./м³. Розробка елювіальних розсипів ведеться невеликими групами старателів.

Відносно детальне вивчення мінералогічних особливостей протерозойських алмазонасних конгломератів виконано нами в окрузі Діамантіна. На ділянці відвіданого об'єкта, де працюють місцеві старателі «гарімпейрос», конгломерати, що розглядаються, виходять на денну поверхню. Основними мінералами у вивчених пробах концентрату є магнетит, гематит, марганцевий мінерал, серицит, кварц, турмалін, циркон, рутил, монацит, сфен, гетит, лімоніт по піриту. За морфологічними особливостями всі присутні в пробах мінерали поділено на три групи, що відповідають, як мінімум, трьом різновіковим і генетично різнорідним геологічним процесам, які задіяні в утворенні алмазонасних конгломератів, а саме: а) формування нормально осадової товщі кварцових пісковиків, гравелітів, конгломератів; б) вулканічні виверження, яким нині на суміжних територіях відповідають палеопотоки, січні та сілоподібні тіла основних порід; в) метаморфізм зеленосланцевої фації.

Таким чином, ці утворення являють собою слабо метаморфізовану вулканогенно-осадову породу, алмази в них є алотигенною складовою. Розглядати їх потрібно як викопні розсипи (Подвысоцкий, Остафийчук, 2019). Згідно з переважною думкою, першоджерелом алмазів у мезо-неопротерозойських метаконгломератах є повністю денудовані на кратоні Сан-Франциско архей-палеопротерозойські кімберлітові тіла (Chaves et al., 2000; Петровский и др., 2016). Древні докембрійські кімберліти виявлено на багатьох континентах – в Африці, Індії, Австралії. Зокрема, це такі високопродуктивні трубки, як Прем'єр (вік 1200 млн років), Анантапур (1100 млн років, Індія) та ін. (Метелкина и др., 1976; Прокопчук, 1979).

Делювіальні розсипи формуються внаслідок гравітаційного і соліфлюкційного сповзання вниз по схилу алмазоносних продуктів вивітрювання промислових корінних і розсипних родовищ алмазів. Бідні джерела живлення зазвичай не супроводжуються промисловими делювіальними розсипами через істотне розубоження. При руйнуванні корінних родовищ алмазоносний делювій представлений переважно піщано-глинистим матеріалом з домішкою щебеню і брил. Крупні фрагменти кімберліту трапляються рідко через їхню слабку стійкість при вивітрюванні. Форма схилових делювіальних розсипів, залежно від форми живильного джерела і характеру схилу, плащевидна і шлейфоподібна, довжина – до перших кілометрів, потужність продуктивних відкладів – декілька метрів.

Склад «пісків», як і в елювіальних розсипах, залежить від складу алмазоносних порід, що живлять алмазоносні та вмщувальні породи, і ступеня їх вивітрювання, сортування уламкового матеріалу відсутнє або слабке. Вміст алмазів зазвичай невисокий, чітких закономірностей у розподілі алмазів у плані та по розрізу розсипу не спостерігається.

Делювіальні розсипи можуть формуватися внаслідок розмиву корінних родовищ (кімберлітових трубок і дайок) і руйнування проміжних колекторів.

Промислові родовища утворюються в результаті розмиву багатих кімберлітових тіл, а в умовах тропічного клімату кімберлітові трубки середньої алмазоносності можуть формувати багаті делювіальні розсипи (Прокопчук, 1979;

Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015). Особливе місце посідають делювіальні розсипи території Бакванга (ДР Конго), які розвинені в районі з карстованими породами. Тут внаслідок розмиву групи кімберлітових тіл, середньої алмазоносності 0,2 кар./т, які розташовані на схилі, сформувався дуже великий за запасами (понад 400 млн каратів) розсип. Його утворення відбувалося в особливо сприятливих геологічних умовах, а саме внаслідок розмиву групи кімберлітових тіл під час інтенсивного вивітрювання в тропічних умовах та акумуляції алмазоносного матеріалу в глибоких карстових воронках. Вміст алмазів у продуктивних відкладах воронок дуже високий, у десятки разів вищий, ніж у корінних кімберлітах (Подчасов и др., 2005).

Делювіальні розсипи, що утворилися в результаті розмиву проміжних колекторів, відомі на всіх стародавніх платформах. Серед них налічується понад сотні невеликих за запасами промислових родовищ. Типовим прикладом делювіальних розсипів, які виникли в основному внаслідок руйнування вторинних колекторів алмазу, є розсипи району Ліхтенбург-Вентерсдорп (басейни річок Вааль та Оранжева) в ПАР (Трофимов, 1980). Основним проміжним колектором розсипів алмазів слугували сильно вивітрені галечники «сухих» річок неогенового віку. Частина алмазів була винесена з докембрійських конгломератів Вітватерсранда. Алмази з розглянутих утворень невеликі за розмірами, їхня середня маса не перевищує 1 кар., більшість кристалів мають округлу обкатану форму (Метелкина и др., 1976; Подчасов и др., 2005). В умовах арктичного клімату делювіальні розсипи, що утворюються в результаті розмиву проміжних колекторів, мають дуже обмежене поширення.

Пролювіальні розсипи характерні для «сухих» річок аридного клімату, долин дрібних річок і балок із тимчасовим водотоком і конусом виносу в їхніх гирлах і прибережних частинах приймальних озерних басейнів. Для «сухих» річок, які протікають лише в рідкісні сезони зливових дощів, характерними є бурхливі грязьові потоки, несортвані та слабо сортвані піщано-глинисті відклади з валунами, брилами та розсіяною, як у тилітах, слабо обкатаною галькою. Продуктивними зазвичай є грубоуламкові продукти перевідкладання кір вивітрювання (Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015).

Більш поширеними є пролювіальні розсипи дрібних струмків і конусів виносу тимчасових водотоків в озерах. Пролувіальні розсипи дрібних водотоків у верхній частині зазвичай змінюються делювіальними, а в пригірлових – алювіальними, тому частіше вони розглядаються як гетерогенні. Форма розсипів переважно лінзо- і стрічкоподібна, довжина – до перших кілометрів, ширина – від перших десятків до кількох сотень метрів, потужність пісків – від перших до кількох метрів. Продуктивні відклади зазвичай слабо сортовані, глинисті з валунами, щебінкою, у конусах виносу вони нерідко розділені слабо алмазоносними, глинистими осадами. Розподіл алмазів дуже нерівномірний струменево-лінзовидний і гніздовий, вміст частіше невисокий, максимальні його значення спостерігаються в нижній або середній частинах розрізу (Подчасов и др., 2005).

Яскравим прикладом даного морфогенетичного типу розсипних родовищ є розсип Вододільні галечники в Якутії (Прокопчук, 1979; Подвисоцький, Белов, 1995; Минорин и др., 2004). Він локалізується в нижньоюрських відкладах озерної водойми біля трубки Мир. Родовище багатоярусне, продуктивні поклади представлені конгломератами, розділеними слабо алмазоносними пісковиками, алевролітами і вуглистими глинами фації заболочених озер. Кожен ритм починається з пожвавлення ерозії живильних джерел і приводить до формування наступного продуктивного пласта. Загальна потужність відкладів сягає 40 м, потужність продуктивних пластів, лінз колива-

ється від перших до кількох метрів. Алмази концентруються в конусах виносу, гніздах і лінзах, витягнутих впоперек до берегової лінії і вздовж неї. Найбільш алмазоносними є відклади конусів виносу і продуктів кір хімічного вивітрювання з каоліновими глинами. У вертикальному розрізі прибережно-озерних відкладів алмази розподілені дуже нерівномірно, підвищений їхній вміст спостерігається як у нижніх, так і середніх, верхніх частинах продуктивних покладів (рис. 5). Вміст алмазів у розсипі значно нижчий, ніж у кімберлітах трубки Мир, проте в окремих лінзах і струменях із перевідкладених кір вивітрювання він може бути й вищим (Рожков и др., 1963; Прокопчук, 1979; Минорин и др., 2004).

Аналогічним генетичним і морфоструктурним типом є пізньокрейдовий розсип алмазного району Жуїна Бразилії, штат Мату-Гроссу (Подвисоцький и др., 2018). Продуктивним шаром розсипу слугують строкаті глини, що являють собою так звані глинисті конгломерати (гравеліти), які візуально подібні до відкладів юрських розсипів Вододільні галечники Якутії (рис. 6).

Характерна їхня особливість в тому, що вони, які є перевідкладеними продуктами кір вивітрювання, самі зазнали гіпергенної зміни на місці залягання. В найбільш глибоко розкритих стінках у кар'єрі досліджуваного розсипу спостерігається перешарування гравелітів і пісковиків, в окремих шарах візуально відзначається велика кількість туфового кімберлітового матеріалу («осадові

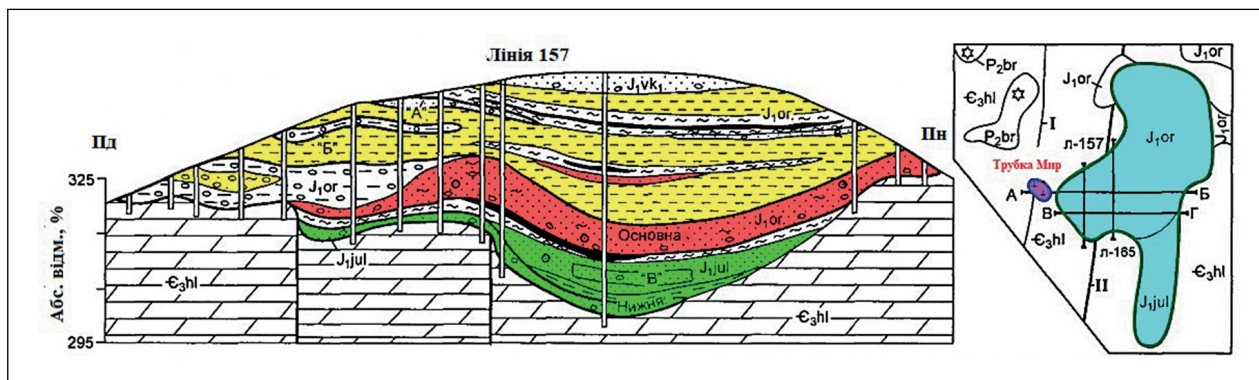


Рис. 5. Поліфаціальний алювіально-пролювіально-озерний розсип Вододільні галечники, який сформований за рахунок трубки Мир (Якутія). Відносна алмазоносність покладів: висока (червоне), середня (зелене), низька (жовте)

Fig. 5. Polyfacies alluvial-proluvial-lacustrine placer Vododilny Galechniki, which was formed due to the Mir pipe (Yakutia). Relative diamond content of deposits: high (red), medium (green), low (yellow)

туфи», туфіти). Шаруватість порід горизонтальна невиразна, лінзоподібна, полого-похила, текстура масивна і грудкувата (рис. 7).



Рис. 6. Продуктивні відклади, строкаті глини (світле) пролювіально-озерного розсипу Жуїна (Бразилія), які перекриті супісками і суглинками потужністю 3–5 м

Fig. 6. Productive deposits, variegated clays (light) of proluvial-lacustrine placer of Juina (Brazil), which are overlain by sandy loams and loams with a thickness of 3–5 m



Рис. 7. Характер шаруватості в продуктивних з туфами кімберлітів відкладах пізньокрейдового розсипу Жуїна

Fig. 7. Character of layering in productive deposits with kimberlite tuffs of the Late Cretaceous Juina placer

Головними глинистими мінералами у вивчених продуктивних відкладах, за даними рентгеноструктурного аналізу, є каолініт і каолініт-монтморилонітові утворення. У зв'язку з дуже високим ступенем вивітрювання відносно крупноуламкові породи продуктивного пласта у воді досить швидко розпадаються на дрібні частинки гравійної, піщаної та алевритової розмірності. Незначна частина крупнішої фракції представлена валунами й уламками лімоніту (результат латеритного вивітрювання), кварцом, а також виявленими уламками кімберлітів розміром до 3–5 см. Пікроільменіт у продуктивних відкладах злегка обкатаний, розміри його до 5–10 мм, дуже багато тріщинуватих і агрегатних зерен. Польове та лабораторно-аналітичне вивчення цього пізньокрейдового розсипу показує, що він має пролювіально-озерне походження і за низкою параметрів аналогічний до поліфаціального юрського розсипу Вододільні галечники Якутії.

Серед алмазів у розсипі різко переважають кристали лілово-коричневого і димчасто-коричневого забарвлення, вартість їх невисока, близько 25–30 \$/кар. Значна кількість каменів з тонкими лімонітовими примазками. Багато алмазів тріщинуваті, близько половини з епігенетичними включеннями графіту. Відзначаються також зелені камені. Зелене забарвлення кольору морської хвилі виникає внаслідок впливу природного радіоактивного опромінення в корах вивітрювання кімберлітів. Це забарвлення має дуже малу товщину (кілька мікрон) і зникає під час огранки алмазів у діаманти. Таке забарвлення характерне для приповерхневих горизонтів і кір вивітрювання якутських кімберлітів (Харків, 1978). Видобуті в розсипі алмази не несуть ознак древності (відсутні бурі плями пігментації), вони не відсортовані, багато уламків та осколків; отже, вони не є перевідкладеними з більш древніх розсипів (Kaminsky et al., 2010).

На Африканському континенті, в алмазонасній провінції Лунда північно-східної Анголи, закартована світа Калонда пізнього крейдяного віку, яка є найдавнішою теригенною алмазонасною формацією даного регіону. Порооди світи залягають у депресіях та іншого роду пониженнях древнього рельєфу і за походженням належать до пролювіально-озерних і річкових. Вони поширені в долинах річок

Чікапа, Луашимо, Сомбо, Чіюмбе. Відклади світи утворилися безпосередньо після формування крейдяних кімберлітів. Розріз світи починається з поліміктових конгломератів, на яких залягають косошаруваті кварц-польовошпатові пісковики з лінзоподібними прошарками аргілітів і міжформаційних конгломератів з алмазами. Ці конгломерати являють собою відклади «сухих» річок, які утворилися в умовах пустельного клімату з рідкісними, але рясними дощами. Усередині світи відзначаються численні локальні незгідності, потужність відкладів сягає до 60 м. Уламковий матеріал порід світи континентальний, з ознаками незначного його транспортування. Цемент уламкових порід піщаний, іноді карбонатний. У безпосередній близькості від кімберлітів присутні індикаторні мінерали: піроп, пікроільменіт, хромдіоксид, іноді уламки кімберліту (Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015).

В арктичному кліматі пролювіальні розсипи представлені конусами виносу дрібних річок і балок. Вони відомі майже повсюдно, але розсипи з підвищеним вмістом алмазів трапляються лише в районах розвитку багатих корінних і розсипних родовищ. Вміст алмазів у пролювіальних розсипах вищий, ніж у делювіальних, що пояснюється виносом тимчасовими водними потоками дрібнозернистого матеріалу. Пролувіальні розсипи формуються, як правило, біля багатих джерел живлення, більшість їх має

невеликі запаси алмазів. Значні запаси характерні для розсипів, пов'язаних із розмивом кір хімічного вивітрювання та карстом.

Алювіальні розсипи на древніх платформах є найпоширенішим типом алмазозносних родовищ. Вони формуються в постійних або тривало діючих водних потоках, які здатні переробляти алмазозносний уламковий матеріал, що надходить у долину. Для них є характерними шаруватість відкладів, сортування уламкового матеріалу й алмазів за крупністю, переважно гальковий склад уламкового матеріалу, стрічко- і лінзоподібна форма продуктивних покладів за струменевої та струменево-лінзоподібної концентрації алмазів. Більшість алювіальних розсипних родовищ алмазів приурочені до малих і середніх річок, у великих річках промислові розсипи порівняно рідкісні і зазвичай з невисокими концентраціями корисного компонента. Алювіальні розсипи верхів'їв палеодолин і делювіальні, які розташовані поблизу корінних джерел, у більшості випадків належать до категорії первинних і змішаних.

Вміст алмазів в алювіальних розсипних родовищах змінюється від дуже високого (понад 3–5 кар./м³) до дуже низького. Наприклад, родовище р. Бауле в Гвінеї з великими ювелірними алмазами та середньою ціною 170–260 \$/кар. розробляють за мінімально-промислового вмісту 0,07 кар./м³ (Подчасов и др., 2005). В Австралії, навпаки, розробляються розсипи



Рис. 8. Відпрацювання долинних розсипів місцевими старателями (р. Чікапа, Ангола). Фото з гелікоптера

Fig. 8. Development of valley placers by local prospectors (Chicapa River, Angola). Photo took from a helicopter



Рис. 9. Білі алмазозносні галечники запливи, що переходять у терасові розсипи (руді галечники). Річка Чікапа, вид з боку русла (Ангола)

Fig. 9. White diamond-bearing pebbles of the floodplain, passing into terrace placers (red pebbles). Chicapa River, view from the channel side (Angola)

з дрібними низькосортними алмазами із вмістом понад 10 кар./м³.

Морфологічні типи алювіальних розсипів визначаються їхнім положенням у долинах і підрозділяються на руслові, долинні, терасові та вододільні. Рідше трапляються алювіальні розсипи карстово-ерозійних долин.

Руслові алювіальні розсипні родовища алмазів тяжіють до пристрижневого алювію, частково охоплюють галечникові матеріали низьких кіс, заплав і характеризуються невисокою алмазонасністю, переважно вузько-струменевою і лінзоподібною концентрацією алмазів. Розсипи переривчасті, протяжність окремих промислових полігонів зазвичай сягає кілька кілометрів, рідше до 10–20 км. Руслові розсипи характерні для молодих долин, що перебувають у стадії врзання або тільки нещодавно її завершили. Різновидом руслових розсипів є щіткові розсипи, в яких корисний мінерал концентрується в тріщинах порід плотику, і косові розсипи, що залягають на галькових островах, косах і мілинах та містять найбільш рухомі в алювіальному середовищі дрібні зерна алмазів.

Долинні алювіальні розсипні родовища включають відклади русла, кіс, низької та високої заплав і частково акумулятивних перших надзаплавних терас. Це найпоширеніші кайнозойські розсипи, серед яких трапляються великі родовища протяжністю до 80–100 км і



Рис. 10. Терасово-горбкуваті розсипи в долині р. Луашимо (Ангола)

Fig. 10. Terraced hummocky placers in the valley of the Luashimo River (Angola)

високоалмазонасні із вмістом до 1–2 кар./м³. Більшість відомих долинних алювіальних розсипів порівняно невеликі за протяжністю, але переважно широкі. Форма розсипів частіше стрічкоподібна, для них характерна лінзовидна концентрація алмазів, максимальна в приплотиковій частині (рис. 8). Ширина струменів і лінз зазвичай більша, ніж у руслових розсипах, струмені більш протяжні (Подчасов и др., 2005; Устинов, 2015).

Терасові розсипи являють собою реліктові ділянки долинних розсипів колишніх ерозійно-акумулятивних циклів, що збереглися від руйнування під час подальшої глибинної ерозії та схилової денудації. Такі розсипи приурочені до галечників руслової і подекуди заплавної фації цокольних терас. Піщано-глинисті відклади заплавної фації, що їх перекривають, як правило, слабо алмазонасні (рис. 9).

Терасові розсипи зазвичай супроводжують долинні, особливо в долинах древнього мезокайнозойського закладення. Вони порівняно короткі, переривчасті, частіше широкі з підвищеною потужністю до 3–5 м і нижчим вмістом алмазів. Для них також характерна переважно струменево-лінзовидна концентрація алмазів. Алювіальні терасові розсипи поширені досить широко, але загалом мають підпорядковане значення. При їх руйнуванні на схилах утворюються бідніші алювіально-делювіальні терасово-горбкуваті розсипи плащеподібною або неправильної ізометричної форми (рис. 10).

Прикладом комплексного алювіального розсипу є р. Жекітіньюня алмазонасного району Діамантіна – це найбільш відомий розсипний об'єкт Бразилії. Тут виявлено алмази під час видобування золота ще кілька століть тому. Відтоді з перервами здійснювалося видобування алмазів, вміст яких за останні 50 років не перевищував десяті й соті частки карат на куб. Але висока якість каменю, ювелірних близько 80 % за рахунок багаторазового перевідкладення, і поява потужних драг, які переробляють величезні обсяги гравію та зачищають м'який сланцевий плотик, роблять видобуток рентабельним. Алмазонасним тут є весь долинний комплекс фацій – русло, заплава, тераси. У сучасній долині р. Жекітіньюня і древньому руслі виявлено численні водобійні котли, кишені, воронки, де вміст алмазів досягає 10 кар. на куб і більше. Наприклад, у 2000 р. з однієї із

величезних воронки видобуто 370 тис. кар. алмазів і близько 1 т золота. Аналогічні котли-воронки відмічаються в розсипах ЦАР, їх там називають «марміти» (Устинов, 2015). Алмази, що видобуваються в Діамантіні, з четвертинних розсипів не дуже великі, серед них переважають ромбододекаедри і перехідні форми. Поряд із безбарвними є жовтуваті, коричневаті й зеленуваті, вартість їх 120–140 \$/кар. і більше. Міграційними супутниками алмазів є ставроліт, турмалін, дистен, монацит, ксенотим, циркон, генетичні супутники відсутні. Сформовані такі розсипи внаслідок переробки і перевідкладення древніх докембрійських алмазоносних порід – філітів, метаконгломератів та ін. (штат Мінас-Жерайс, кратон Сан-Франциско) (Martins-Neto, 2000; Martins-Neto, Hercos, 2002; Петровский и др., 2016).

Окрім розсипів сучасних долин, дуже поширені також алювіальні розсипи древніх долин. До них належать в основному розсипи долин неогенового, палеогенового, крейдового, юрського періодів. У сучасному рельєфі серед цих розсипів виділяються підняті на вододілах, де молодші відклади, які їх перекривають, денудовані і поховані. Останні зазвичай перекриті четвертинними відкладами алювіального, льодовикового, вулканогенного та іншого походження, що не містять корисного компонента.

Вододільні розсипи характерні для долин мезозойсько-кайнозойського залягання і приурочені до збережених на вододілах реліктивних галечників древньої гідромережі. Вони мають площинне поширення, витягнуту неправильну еліпсоподібну і близьку до ізометричної форму.

Розсипи порівняно короткі, широкі, алювіально-делювіальні. Промислова роль їх незначна.

Розсипи карстово-ерозійних долин річок і балок відомі на реліктах піднятих поверхонь вирівнювання в межах карстових порід у багатьох регіонах світу. Джерелами живлення є різновікові кори вивітрювання проміжних колекторів алмазу. Релікти великих річкових долин і балок розташовані на вододілах, схилах і в днищах сучасних долин. У днищах долин вони приховані під молодим делювієм і алювієм сучасного русла. В Якутській алмазоносній провінції це розсипи річок Єбеях, Біллях, Моргогор та ін. (Прокопчук, 1979).

Алювіальні розсипи ерозійних котлів (мармітів) трапляються на Африканському континенті в межах плато, які зазнали здіймання на новітньому етапі. Такі утворення широко представлені на схилах синеклізи Конго. Найчастіше вони відзначаються в днищах річкових долин і виконані кайнозойськими відкладами. Ерозійні котли досягають розмірів до 200–300 м при глибині до 60–70 м. Вони утворюються внаслідок вибіркової ерозії порід під час блокових тектонічних зрушень. У мармітах відзначаються дуже високі концентрації корисного компонента – алмазів і нерідко золота. Широкий розвиток високоалмазоносних мармітів характерний для області Убангі-Шарі ЦАР (рис. 11).

На формування алювіальних розсипів, їхню внутрішню будову, потужність, гранулометричний склад і алмазоносність алювію впливають динамічні фази формування алювію. Алювій стадії врізання русла, що утворюється на ділянках позитивних морфоструктур

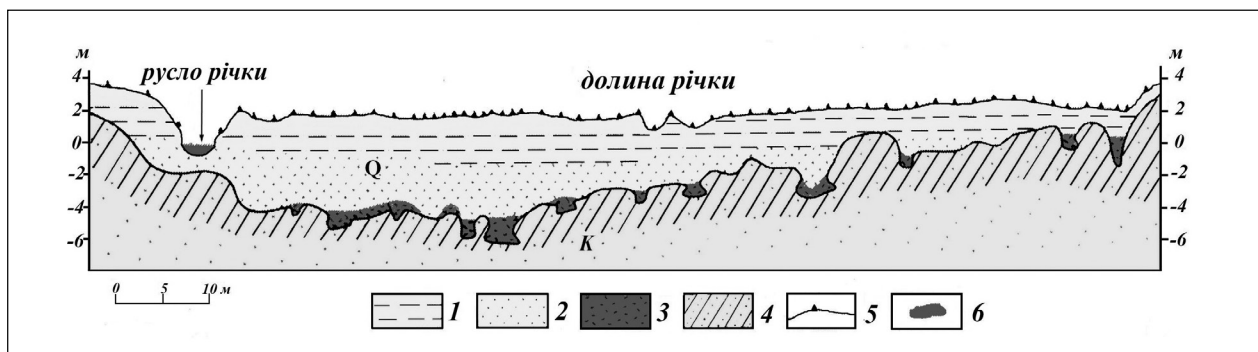


Рис. 11. Літологічний розріз четвертинного розсипу алмазів долини р. Котто, район Мука-Уадда, ЦАР (Устинов, 2015): 1–3 – четвертинні відклади: 1 – суглинки, 2 – піски, 3 – галечники; 4 – крейдові відклади, пісковики; 5 – бурові свердловини; 6 – алювіальні розсипи в «мармітах»

Fig. 11. Lithological section of the Quaternary placer of diamonds in the valley of the Kotto River, Muka-Uadda district, CAR (Ustinov, 2015): 1–3 – Quaternary deposits: 1 – loams, 2 – sands, 3 – pebbles; 4 – chalk deposits, sandstones; 5 – drilling wells; 6 – alluvial placers in "marmites"

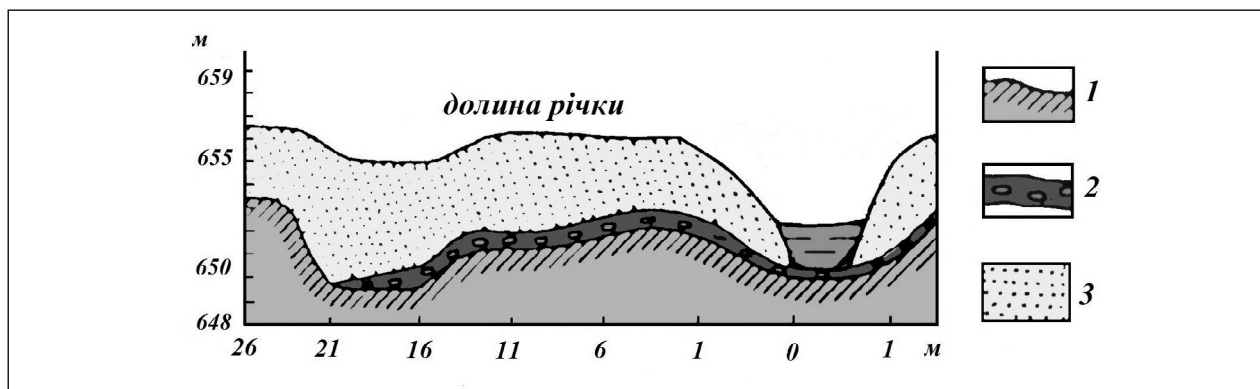


Рис. 12. Будова алювіального розсипу р. Гбенко (Гвінея): 1 – корінні породи, 2 – продуктивні галечники, 3 – перекриваючі осадки

Fig. 12. The structure of the alluvial placer of the Gbenko River (Guinea): 1 – bedrock, 2 – productive pebbles, 3 – overlying sediments

за підвищеної швидкості водотоку, характеризується малою і дуже малою потужністю алювію. Наприклад, у Гвінеї потужність продуктивного алмазоносного шару на деяких родовищах становить 15–20 см, в зв'язку з чим підрахунок запасів алмазів проводиться там у каратах на метр квадратний (рис. 12). У ньому переважає крупноуламковий валунно-гальковий матеріал з підвищеним вмістом і крупністю алмазів по всьому розрізу. Через швидку течію річок більшість дрібних алмазів виноситься, порівняно великі концентруються переважно в лінзах і гніздах. Розсипи здебільшого руслові, ложкові, нерідко переривчасті на ділянках дуже малої потужності або повної відсутності алювію, і найбільш придатні для старательського відпрацювання (рис. 13). Алювій стадії переважної акумуляції формується в депресіях за повільної течії річок. Він характеризується великою потужністю, перешаруванням дрібногалькових і піщаних осадків, які сприятливі для утворення великих промислових розсипів алмазів.

Варто зазначити, що для багатьох регіонів характерними є гетерогенні промислові розсипи алмазів, змішаного морфогенетичного типу. Прикладом таких утворень є розсипи, які сформовані на схилах і в днищі невеликих водотоків, ложкові розсипи, що являють собою перехідну стадію від делювіальних розсипів до алювіальних. У верхніх частинах і на схилах долин ложкові розсипи мало відрізняються від делювіальних, а в нижніх частинах – це типові пролювіальні, пролювіально-алювіальні або алювіальні розсипи. Цей тип розсипів є одним з основних промислових типів на Африканському континенті (Подчасов и др., 2005).

Прибережно-морські розсипи алмазів дуже поширені й розробляються вздовж південно-західного узбережжя Африки. Це головним чином розсипи сучасних пляжів, берегових валів і еоцен-пліоценових прибережно-морських терас, рідше – підводного шельфу і підводних потоків у каналах, які перпендикулярні



Рис. 13. Нелегальне видобування алмазів місцевими жителями із делювіального (а) і ложкового (б) розсипів (Гвінея)

Fig. 13. Illegal mining of diamonds by local residents from deluvial (a) and spoon placers (b) (Guinea)

до берегової лінії. Розсипні родовища розташовуються переважно у вигляді переривчастих субпаралельних берегу смуг, протяжністю від кількох сотень метрів до кількох кілометрів, рідше – перших десятків кілометрів. Ширина окремих розсипів сягає від перших десятків-перших сотень метрів до 1,5–2,5 км. Потужність продуктивних відкладів становить 0,3–2,0 м на пляжах, 2–3 м на шельфі, до 5–10 м у западинах і вирвах (Устинов, 2015). Продуктивні відклади представлені переважно валунними галечниками, іноді конгломератами з вапняним цементом і гравійними грубозернистими пісками з черепашником (рис. 14). Вони характеризуються невисоким (0,2–0,5, рідко до 2 кар./м³) вмістом і дуже нерівномірною концентрацією алмазів, наявністю збагачених алмазами лінз і гнізд (до 10–100 кар./м³ у лійках) та великими розмірами каменів. Морські розсипи схилів шельфу відносно більш витримані за формою, розмірами та алмазозністю. Прибережно-морські розсипи далекого зносу і перевідкладення вирізняються високою якістю і крупністю алмазів. Наприклад, у Намібії середня ціна сягає 200–300 \$/кар. і більше (Подчасов и др., 2005).

Еолові розсипи формуються внаслідок тривалого вітрового видування частинок глинисто-піщаних фракцій з пухких алмазозносних відкладів із збагаченням останніх, а також вітрового перенесення й акумуляції переважно дрібних алмазів. У першому випадку утворюються «залишкові» розсипи дефляційних ванн, котлованів, у другому – розсипи дюн, з переважною концентрацією алмазів на їхніх серповидних крутих схилах. Промислові

розсипи алмазів приурочені, як правило, до дефляційних ванн та котлованів і дуже рідкісні в дюнах. Родовища дефляційних ванн і котлованів поширені на морських терасах, витягнутих уздовж пустельного узбережжя Південно-Західної Африки та частково долинами древніх «сухих» річок, орієнтовані у напрямку основних вітрів, внутрішньоконтинентальних пустельних районів. До них відносяться Ліхтенбург у ПАР, Людериц у Намібії та ін. (Устинов, 2015).

Зона переривчастих псевдодолин дефляційного походження (ванн, котлованів), які розділені пасмами стійких корінних порід, простягається вздовж Атлантичного узбережжя Намібії на 100 км на південь від бухти Людериц. Дефляційні розсипи сформовані внаслідок роздування алмазозносних морських терас, місцями майже повного, до підстильних кристалічних порід. Це сприяє гніздовому скупченню алмазів у нерівностях поверхні плотика, іноді з вмістом 0,2–0,5 кар./м³. Каміні нерідко забарвлені з поверхні в жовті, бурі кольори, більшість кристалів ювелірної якості (Подчасов и др., 2005).

Льодовикові розсипи доволі рідкісні через несприятливі умови для концентрації алмазів і формуються лише поблизу багатих первинних або вторинних джерел живлення алмазів. Промислові розсипи відомі у верхньопротерозойських моренах і у водно-льодовикових конгломератах, які утворилися під час танення льодовиків. Сюди відносяться тиліти Макаубас і конгломерати Сопа в Бразилії (Chaves et al., 2000; Martins-Neto, Hercos, 2002). Уламковий продуктивний матеріал розсипів абсолютно

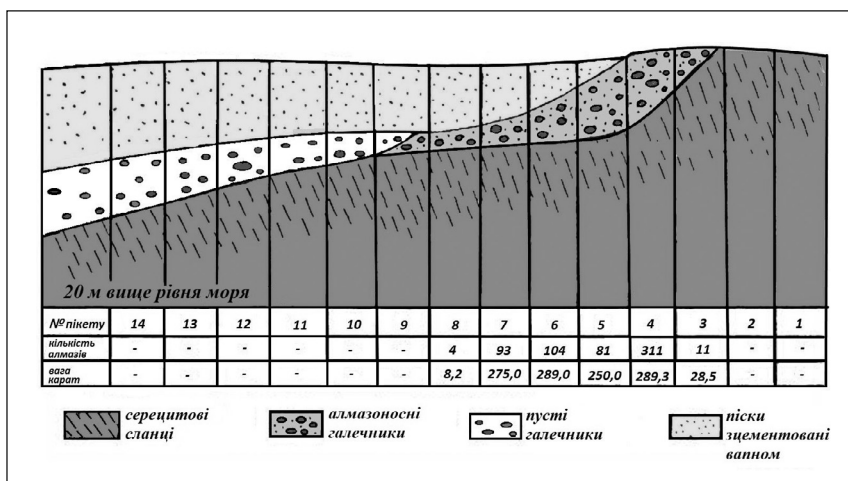


Рис. 14. Розріз пляжного прибережно-морського розсипу в Намакваленді, Південна Африка (Устинов, 2015)

Fig. 14. Cross-section of a beach coastal-marine placer in Namaqualand, South Africa (Ustinov, 2015)

не сортований, містить глину, валуни і гальку зі слідами льодовикового штрихування. У тилітах галька і валуни розсіяні, шаруватість відсутня. Розміри розсипних родовищ дрібні, протяжність сягає до перших кілометрів, потужність «пісків» – до перших метрів. Промислова значущість льодовикових розсипних родовищ незначна. Більшу промислову значущість мають кайнозойські алювіальні розсипи, які живляться внаслідок площинного розмиву алмазонасних льодовикових відкладів, зокрема пермокарбонного, крейдяного і четвертинного віку в Африці. Але, наприклад, в Бразилії основна маса алмазів вилучається з четвертинних розсипів, які сформувалися внаслідок переробки та перевідкладення древніх докембрійських алмазонасних порід – філітів та метаконгломератів кратону Сан-Франциско (Подвысоцкий и др., 2019). Найбільш древні розсипоутворювальні алмазонасні конгломерати належать до супергрупи Еспіньясо. Ці утворення мають континентально-рифтогенне походження і датуються за цирконами інтервалом 1850–1000 млн років (Метелкіна и др., 1976; Martins-Neto, 2000; Петровский и др., 2016). Найбільш алмазонасними в цій супергрупі є відклади світи Сопа-Брумадіню, з виходами яких в основному і корелюється продуктивність четвертинних долинних розсипів (Chaves et al., 2000; Петровский и др., 2016).

Техногенні розсипи утворюються при неповному відпрацюванні природних розсипів і через неповне вилучення алмазів під час промислової переробки пісків або руд на збагачувальних фабриках і, відповідно, підрозділяються на залишкові ціликові та відвальні. Залишкові ціликові розсипи містять бортові, внутрішньоконтурні та охоронні цілики, недоопрацьовані ділянки, а відвальні – відвали хвостосховищ збагачувальних фабрик та іноді відвали розкривних робіт. Вміст і крупність алмазів у відвалах прямо залежать від таких у перероблених «пісках» і рудах, проте крупні алмази порівняно рідкісні. Вміст алмазів у відвалах розкривних робіт зазвичай низький, кристали переважно дрібні. На деяких корінних родовищах Африки переробляють відвали з метою вилучення дрібних (-1+0,5 мм) алмазів, які використовують як абразивну сировину. Розподіл алмазів у відвалах хвостосховищ нерівномірний як у плані, так і в розрізі, що зумовлено

мінливістю схем і режимів збагачення, переробкою в різний час «пісків» і руд з різних ділянок і родовищ (Минорин и др., 2004).

Висновки

На земній кулі розповсюджені розсипи алмазів усіх морфогенетичних типів, які відомі для розсипних родовищ різних корисних копалин взагалі. Завдяки високій твердості, хімічній та абразивній міцності алмазу при формуванні розсипних родовищ є можливість його багаторазового перевідкладення і концентрації в широкому спектрі обстановок (рис. 15). У процесі перенесення і перевідкладення порушується безпосередній зв'язок алмазонасних розсипів з їхніми першоджерелами, а в живленні розсипів задіяні проміжні колектори – древніші алмазонасні осадові формації. Промисловий розсип може бути генетично однорідним або неоднорідним (гетерогенним) і живитися від одного або кількох джерел – як первинних, так і проміжних. Більшість промислових розсипів алмазів мають четвертинний (алювіальні розсипи сучасних річкових долин та їхніх приток) і кайнозойський (палеоген-неогеновий) вік. На основі аналізу та узагальнення літературних джерел і даних власних досліджень проведена систематизація розсипних родовищ алмазів на різних континентах, уточнені умови їх формування в різних ландшафтно-геологічних обстановках, а саме:

1. Особливості формування того чи іншого типу сучасних розсипів певною мірою залежать від ландшафтно-геологічних умов конкретного континента чи його частини, а древніх – від кліматично-геологічних умов тої чи іншої геологічної епохи. Елювіальні розсипи на кімберлітах, що сформувалися в умовах гумідного тропічного клімату, користуються найбільшою популярністю в Африці. При цьому, на відміну від розсипів Якутії, вони формуються як за рахунок багатих, так і за рахунок відносно бідних кімберлітових тіл. Безпосередньо біля корінних родовищ формуються делювіально-пролювіальні, алювіальні коротких водотоків розсипи ближнього зносу. Вони характеризуються близькими до першоджерел гранулометричним складом, морфологією, якістю і сортністю алмазів. Такі розсипи виникають лише біля високоалмазонасних корінних

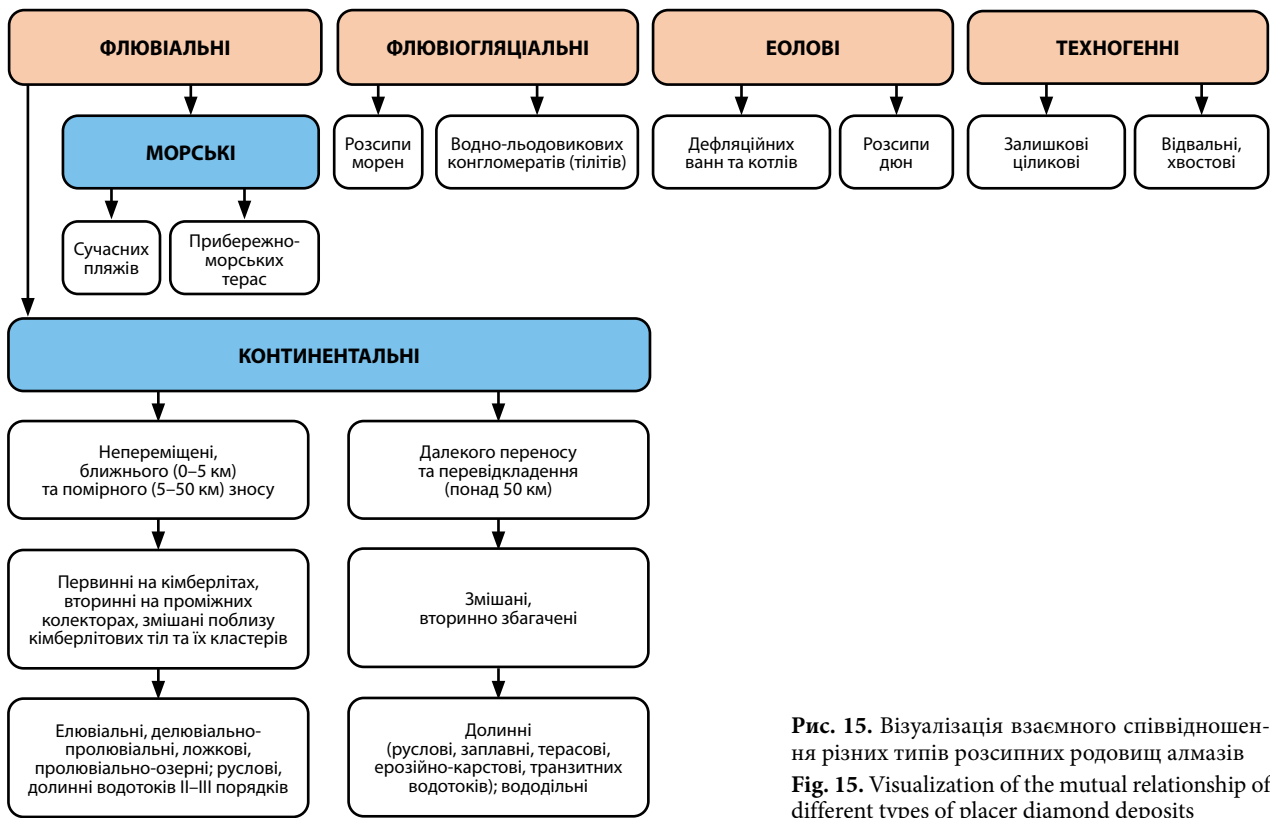


Рис. 15. Візуалізація взаємного співвідношення різних типів розсипних родовищ алмазів
 Fig. 15. Visualization of the mutual relationship of different types of placer diamond deposits

родовищ, а в умовах тропічного клімату кімберлітові трубки середньої алмазоносності можуть формувати багаті делювіальні розсипи. Хоча розсипи ближнього зносу – делювіально-пролювіальні та руслові коротких водотоків не мають великого промислового значення, але вони дуже інформативні для пошуків корінних джерел. Важливо при пошукових роботах надійно діагностувати їх за літолого-фаціальними та мінералогічними ознаками. Необхідно сказати, що підвищення ефективності пошуків алмазних родовищ на перспективних територіях України визначається необхідністю проведення шліхо-мінералогічного, середньо- та великооб'ємного опробування базальних піщано-гравійно-галькових горизонтів теригенних відкладів з метою констатації безпосередньо алмазу та високобаричних мінералів алмазної асоціації.

В умовах аридного клімату можуть формуватися пролювіальні розсипи «сухих» річок. Для «сухих» річок, які протікають лише в рідкісні сезони зливових дощів, характерними є бурхливі грязьові потоки, несортвані та слабо сортвані піщано-глинисті відклади

з валунами, брилами та розсіяною, як у тилітах, слабо обкатаною галькою. Більш поширеними є пролювіальні розсипи дрібних струмків і конусів виносу тимчасових водотоків в озерах. Пролувіальні розсипи дрібних водотоків у верхній частині зазвичай змінюються делювіальними, а в пригірлових – алювіальними, тому частіше вони розглядаються як гетерогенні. В арктичному кліматі пролювіальні розсипи представлені конусами виносу дрібних річок і балок. Вони відомі майже повсюдно, але розсипи з підвищеним вмістом алмазів трапляються лише в районах розвитку багатих корінних родовищ.

2. Найпоширенішим типом алмазоносних розсипів на древніх платформах є алювіальний. Більшість алювіальних розсипних родовищ алмазів приурочені до малих і середніх річок, у великих річках промислові розсипи порівняно рідкісні і зазвичай з невисокими концентраціями корисного компонента. На формування алювіальних розсипів, їхню внутрішню будову, потужність, гранулометричний склад і алмазоносність алювію впливають динамічні фази формування алювію.

Таблиця 4. Параметри алмазозносності розсипних родовищ

Table 4. Parameters of diamond content of placer deposits

| Класифікаційні ряди | | | | | |
|--|---|---|------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Генетичний | Фаціально-морфологічний | Типоморфний | | | |
| | | Асоціація генетично пов'язаних індикаторних мінералів | Вміст алмазів, кар./м ³ | Середня вага алмазів, мг | Вартість алмазів, \$/кар. |
| <i>I. Розсипи непереміщені і ближнього зносу первинні і комбінованого живлення, континентальні</i> | | | | | |
| Елювіальний, делювіально-пролювіальний, пролювіально-озерний, в т. ч. карстовий | Плоских височин, борта і днища депресій | Відповідає корінному джерелу: піроп, пікроільменіт, хромдіоксид, хроміт. Не зношені | 0,2–3,5 і більше | 2–8 | 20–70 |
| <i>II. Розсипи помірного і дальнього зносу комбінованого живлення, континентальні</i> | | | | | |
| Алювіальний | Річкових долин різної протяжності | В цілому відповідає корінному джерелу. Слабо зношені | 0,5–1,5 | 10–20 | 30–90 |
| <i>III. Розсипи помірного і дальнього зносу комбінованого живлення, морські первинні</i> | | | | | |
| Підводно-алювіальний, прибережно-морський | Дельт, морських пляжів | Алмаз-піропова Максимально зношені | 0,2–1,2 | 30–100 і більше | 20–150 |
| <i>IV. Розсипи вторинні континентальні, які утворені за рахунок багаторазового перевідкладення морських і континентальних розсипів</i> | | | | | |
| Алювіальний, ерозійно-карстовий, басейновий | Річкових долин, схили і днища депресій | Генетичні мінерали-супутники алмазів відсутні | 0,2–1,5 | 45–150 і більше | 60–300 і більше |

Алювій стадії врізання русла, що утворюється на ділянках інтенсивних підняттях, за підвищеної швидкості водотоку, характеризується малою і дуже малою потужністю продуктивного шару. Алювій стадії переважної акумуляції формується в депресіях за повільної течії річок. Він характеризується великою потужністю, перешаруванням дрібногалькових і піщаних осадків, які сприятливі для утворення великих промислових розсипів алмазів. Алювіальні розсипи верхів'їв палеодолин і делювіальні, які розташовані поблизу корінних джерел, у більшості випадків належать до категорії первинних і змішаних. Морфологічні типи алювіальних розсипів визначаються їхнім положенням у долинах і підрозділяються на руслові, долинні, терасові та вододільні. Окрім розсипів сучасних долин, дуже поширені також алювіальні розсипи древніх долин. До них належать в основному розсипи долин неогенового, палеогенового, крейдяного, юрського періодів. У сучасному рельєфі серед цих розсипів виділяються підняті (на вододілах, де молодші відклади, які їх перекривають, денудовані) і поховані. Останні зазвичай перекриті

четвертинними відкладами алювіального, льодовикового, вулканогенного та іншого походження, що не містять корисного компонента.

3. Морські, флювіогляціальні та еолові розсипи алмазів присутні лише на Африканському континенті та в Бразилії. В Намібії і ПАР вздовж південно-західного узбережжя дуже поширені й розробляються прибережно-морські розсипи високоякісних дорогих алмазів. Це головним чином розсипи сучасних пляжів, берегових валів і еоцен-пліоценових прибережно-морських терас, рідше – підводного шельфу і підводних потоків у каналах, які перпендикулярні до берегової лінії. Еолові розсипи формуються в умовах пустельного клімату внаслідок тривалого вітрового видування частинок глинисто-піщаних фракцій з пухких алмазозносних відкладів. Промислові розсипи алмазів приурочені, як правило, до дефляційних ванн та котлованів. Родовища дефляційних ванн і котлованів поширені на морських терасах, витягнутих уздовж пустельного узбережжя Намібії та частково долинами древніх «сухих» річок. Льодовикові розсипи доволі рідкісні через несприятливі умови для концентрації

алмазів і формуються лише поблизу багатих первинних або вторинних джерел живлення алмазів. Промислові розсипи відомі у верхньо-протерозойських моренах і у водно-льодовикових конгломератах, які утворилися під час танення льодовиків. Сюди відносяться тиліти Макаубас і конгломерати Сопа в Бразилії.

4. Алмазоносність розсипів визначається головним чином рівнем вмісту та об'ємом еродованих джерел живлення, а її мінливість – регіональними та локальними факторами, що впливають на внутрішню будову розсипів і концентрацію в них алмазів. Вміст алмазів у промислових розсипах коливається в широких межах від 0,05–5,0 до 10 кар./м³ і більше. Максимальні концентрації притаманні перевідкладеним корам хімічного вивітрювання джерел живлення, з якими пов'язана більшість розсипних родовищ алмазів. Відносно високий вміст і знижена якість алмазів характерні для розсипів ближнього зносу, зазвичай із дрібними та середніми за розміром кристалами. Для розсипів дальнього зносу та перевідкладення характерні порівняно низький вміст і висока якість алмазів з переважно крупними

та середніми кристалами. Крупніші та якісніші кристали властиві здебільшого неодноразово перевідкладеним розсипам, які живляться з проміжних древніх колекторів, особливо прибережно-морського генезису. Рівень мінімально-промислового вмісту корисного компонента визначається головним чином якістю алмазів та економічними чинниками конкретного регіону. Так, у деяких країнах Африки вже багато десятиліть експлуатують алювіальні розсипи із вмістом 0,07–0,10 кар./м³ за дуже високої ціни – до 300 \$/кар. В Якутії ведеться експлуатація розсипів з вмістом 0,5–1,5 кар./м³ за середньої вартості алмазів у 50–100 \$/кар. В алмазоносних районах Бразилії до розряду промислових належать розсипи із вмістом від 0,5 до 2 кар./м³ за середньої вартості 25–40 \$/кар. В інших регіонах також для розсипів далекого зносу характерний нижчий вміст, але вища якість каменів (Рожков и др., 1963; Харьков, 1978; Прокопчук, 1979; Трофимов, 1980; Минорин и др., 2004; Подчасов и др., 2005). Узагальнена класифікація розсипних родовищ і параметри їх алмазоносності наведені в таблиці 4.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Гейко Ю.В., Гурский Д.С., Лыков Л.И., Металиди В.С., Павлюк В.Н., Приходько В.Л., Цымбал С.Н., Шимкив Л.М. Перспективы коренной алмазоносности Украины. Киев; Львов: Центр Европы, 2006. 223 с.
- Металіди В.С., Павлюк В.М., Приходько В.Л. Алмазоносність південно-західної частини Українського щита і його схилів. *Мінер. ресурси України*. 1999. № 3. С. 9–12.
- Метелкина М.П., Прокопчук Б.И., Суходольская О.В., Францессон Е.В. Докембрийские алмазоносные формации Мира. Москва: Недра, 1976. 134 с.
- Минорин В.Е., Подчасов В.М., Богатых И.Я., Голубев Ю.К., Граханов С.А., Кривонос В.Ф., Подвысоцкий В.Т., Харьков А.Д., Эринчек Ю.М. Геология, прогнозирование, методика поисков, разведки и геолого-промышленной оценки россыпных месторождений алмазов. Якутск, 2004. 424 с.
- Остафійчук Н.М., Підвисоцький В.Т., Чашка О.І., Ковалевич Л.А. Особливості пошуків родовищ алмазів в геологічних умовах території України. *Наук. пр. Дон. нац. техн. ун-ту. Сер. гірн.-геол.* 2012. Вип. 2 (17). С. 9–15.
- Петровский В.А., Силаев В.И., Сухарев А.Е., Голубева И.И., Ракин В.И., Лютюев В.П., Васильев Е.А. Россыпеобразующие алмазоносные породы и алмазы Восточной Бразилии. *Вестн. Перм. ун-та. Сер. Геология*. 2016. Вып. 1 (30). С. 33–59.
- Подвысоцкий В.Т., Остафійчук Н.Н. Древние алмазоносные конгломераты района Диамантина, штат Минас-Жерайс, Бразилия. *Материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. «Научно-методические основы прогноза, поисков и оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов»*, Москва, 17–19 апреля 2019 г. Москва, ФГБУ «ЦНИГРИ», 2019. С. 37–38.
- Подвысоцкий В.Т., Иванух В.М., Лелюх М.И. Меловые алмазоносные конгломераты кимберлитовой провинции Жуина (штат Мату-Гроссу, Бразилия). *Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. «Эффективность геологоразведочных работ на алмазы»*. Мирный, 2018. С. 140–143.
- Подвысоцкий В.Т., Лелюх М.И., Остафійчук Н.Н. Особенности коренных и россыпных источников алмазов Бразилии: наиболее древние и наиболее молодые. *Материалы наук. конф. «Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні»*, Київ, 14–16 травня 2019 р. Київ, 2019. С. 78–80.
- Подвысоцкий В.Т., Белов Е.Н. Состав и условия формирования древних осадочных коллекторов и россыпей алмазов. Якутск, 1995. 161 с.
- Подчасов В.М., Евсеев М.Н., Богатых И.Я., Минорин В.Е., Черенков В.Г. Россыпи алмазов Мира. Москва: ООО «Геоинформмарк», 2005. 747 с.

- Прокочук Б.И. Алмазные россыпи и методика их прогнозирования и поисков. Москва: Недра, 1979. 248 с.
- Рожков И.С., Михалев Г.П., Зарецкий Л.М. Алмазоносные россыпи Малоботуобинского района Западной Якутии. Москва: Наука, 1963. 137 с.
- Трофимов В.С. Геология месторождений природных алмазов. Москва: Недра, 1980. 304 с.
- Устинов В.Н. Терригенные коллекторы алмазов Сибирской, Восточно-Европейской и Африканской платформ. Санкт-Петербург: Наука, 2015. 530 с.
- Харьків А.Д. Минералогические основы поисков алмазных месторождений. Москва: Недра, 1978. 136 с.
- Цымбал С.Н., Полканов Ю.А. Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины. Киев: Наукова думка, 1975. 247 с.
- Kaminsky F.V., Khachatryan G.V., Paulo Andreazza, Debora Araujo, Williams Griffin. Kimberlitic sources of super-deep diamonds from in the Juina area Mato Grosso State, Brazil. *Lithos*. 2010. Vol. 114. P. 833–842.
- Martins-Neto M.A. Tectonics and sedimentation in a paleo/mesoproterozoic rift-sag basin. *Precambrian Research*. 2000. No. 103. P. 147–173.
- Martins-Neto M.A., Hercos C.M. Sedimentation and tectonic setting of Early Neoproterozoic glacial deposits in southeastern Brazil. *Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional System*. 2002. Vol. 33. P. 383–403.
- Chaves M.L., Dussin T.M., Sano Y. The Source of the Espinhago Diamonds: Evidences from SHRIMP U-Pb zircon ages of Sopa Conglomerate and Pb-Pb zircon evaporation ages of metavolcanic rocks. *Revista Brasileira de Geociencias*. 2000. Vol. 30 (2). P. 265–269.

Надійшла до редакції 09.02.2023

Прийнята 24.02.2023

REFERENCES

- Heiko Yu.V., Hurskyi D.S., Lykov L.Y., Metalidi V.S., Pavliuk V.N., Prykhodko V.L., Tsymbal S.N., Shymkiv L.M. 2006. Prospects for the primary diamond content of Ukraine. Kyiv; Lvov: Tsentr Evropy (in Russian).
- Metalidi V.S., Pavliuk V.M., Prykhodko V.L. 1999. Diamond bearing of the southwestern part of the Ukrainian shield and its slopes. *Mineralni resursy Ukrainy*, 3: 9–12 (in Ukrainian).
- Metelkyna M.P., Prokopchuk B.Y., Sukhodolskaia O.V., Frantsesson E.V. 1976. Precambrian diamond formations of the Mir. Moscow: Nedra (in Russian).
- Mynoryn V.E., Podchasov V.M., Bohatykh Y.Ia., Holubev Yu.K., Hrakhanov S.A., Kryvonos V.F., Podvysotskyi V.T., Kharkyv A.D., Erynchek Yu.M. 2004. Geology, forecasting, methods of prospecting, exploration and geological-industrial evaluation of placer deposits of diamonds. Yakutsk (in Russian).
- Ostafichuk N.M., Podvysotskyi V.T., Chashka O.I., Kovalevych L.A. 2012. Peculiarities of searching for diamond deposits in the geological conditions of the territory of Ukraine. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Seriya: Hirnycho-heolohichna*, 2 (17): 9–15 (in Ukrainian).
- Petrovskyi V.A., Sylae V.Y., Sukharev A.E., Holubeva Y.Y., Rakyn V.Y., Liutoev V.P., Vasylev E.A. 2016. Diamond-forming rocks and diamonds of Eastern Brazil. *Vestnyk Permskoho universiteta. Seriya: Heolohia*, 1 (30): 33–59 (in Russian).
- Podvysotskyi V.T., Ostafyichuk N.N. 2019. Ancient diamond-bearing conglomerates of the Diamantina region, Minas Gerais state, Brazil. *Materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy "Nauchno-metodycheskye osnovy prohnoza, poyskov y otsenky mestorozhdeniy almazov, blahorodnykh i tsvetnykh metallov"*, 17–19 aprelia 2019 hoda. Moscow, FHBU "TsNYHRY", pp. 37–38 (in Russian).
- Podvysotskyi V.T., Yvanukh V.M., Leliukh M.Y. 2018. Cretaceous diamond-bearing conglomerates of the Juina kimberlite province (Mato Grosso state, Brazil). *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsyy "Effektivnost heolohorazvedochnykh robot na almazy"*. Myrnyi, pp. 140–143 (in Russian).
- Podvysotskyi V.T., Leliukh M.Y., Ostafyichuk N.N. 2019. Features of native and placer sources of diamonds in Brazil: the oldest and the youngest. *Materialy naukovoï konferentsii "Zdobutky i perspektyvy rozvytku heolohichnoi nauky v Ukraini"*, 14–16 travnia 2019 roku. Kyiv, pp. 78–80 (in Ukrainian).
- Podvysotskyi V.T., Belov E.N. 1995. Composition and conditions of formation of ancient sedimentary reservoirs and diamond placers. Yakutsk (in Russian).
- Podchasov V.M., Evseev M.N., Bohatykh Y.Ia., Mynoryn V.E., Cherenkov V.H. 2005. Places of diamonds of the Mir. Moscow: OOO "Heoinformmark" (in Russian).
- Prokopchuk B.Y. 1979. Diamond placers and methods of their forecasting and prospecting. Moscow: Nedra (in Russian).
- Rozhkov Y.S., Mykhalev H.P., Zaretskyi L.M. 1963. Diamond placers of the Malobotuobinsky district of Western Yakutia. Moscow: Nauka (in Russian).
- Trofymov V.S. 1980. Geology of natural diamond deposits. Moscow: Nedra (in Russian).
- Ustynov V.N. 2015. Terrigenous diamond collectors of the Siberian, East European and African platforms. St.-Peterburh: Nauka (in Russian).
- Kharkyv A.D. 1978. Mineralogical basis of search for diamond deposits. Moscow: Nedra (in Russian).

- Tsymbal S.N., Polkanov Yu.A. 1975. Mineralogy of titanium-zirconium deposits of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Kaminsky F.V., Khachatryan G.V., Paulo Andreazza, Debora Araujo, Williams Griffin. 2010. Kimberlitic sources of super-deep diamonds from in the Juina area Mato Grosso State, Brazil. *Lithos*, 114: 833–842.
- Martins-Neto M.A. 2000. Tectonics and sedimentation in a paleo/mesoproterozoic rift-sag basin. *Precambrian Research*, 103: 147–173.
- Martins-Neto M.A., Hercos C.M. 2002. Sedimentation and tectonic setting of Early Neoproterozoic glacial deposits in southeastern Brazil. *Precambrian Sedimentary Environments: A Modern Approach to Ancient Depositional System*, 33: 383–403.
- Chaves M.L., Dussin T.M., Sano Y. 2000. The Source of the Espinhago Diamonds: Evidences from SHRIMP U-Pb zircon ages of Sopa Conglomerate and Pb-Pb zircon evaporation ages of metavolcanic rocks. *Revista Brasileira de Geociencias*, 30 (2): 265–269.

Received 09.02.2023

Accepted 24.02.2023

Placer deposits of diamonds and their formation conditions

V.T. Pidvysotskyi *, N.M. Ostafychuk, S.I. Bashinsky

Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine

E-mail: victor.pod1948@gmail.com; onm.gef@ukr.net; iptbass@gmail.com

* Corresponding author

This article reviews information from published papers and studies by the authors about placer diamond deposits. Original data were obtained in result of field and laboratory-analytical work carried out in various countries of Africa and South America. The main types of placer diamond deposits – fluvial, fluvioglacial, eolian, and man-made – have been considered and characterized. The main attention is given to fluvial continental placers, which are the most diverse, well-studied and have the greatest industrial importance. Primary, secondary and mixed deposits are distinguished according to the method of feeding; short, moderate and long transport deposits – according to the distance of the diamond-bearing material movement. It is noted that although the short transport placers (deluvial-proluvial and beds of short watercourses) have not industrial value, they are very informative for the searching for root sources. It is important to reliably diagnose these deposits by lithological-facies and mineralogical features during prospecting works. The concepts about the conditions for the formation of diamond placers in various landscape and geological conditions are developed and clarified. Alluvial-proluvial-lacustrine and proluvial-lacustrine types of placers studied in Yakutia and Brazil are characterized in detail. Their characteristic feature is that their productive strata, being re-deposited products of crustal weathering, themselves underwent a hypergenic change at the place of occurrence, which significantly masks the primary conditions of formation. Continental alluvial redeposition and long transport placers, as well as marine, yield the most high-quality expensive diamonds, the average value of which can reach \$300–400 per carat. Often, such placers are formed due to the erosion of ancient Proterozoic placers, which belong to the category of fossils. The article summarizes the genetic and morphological types of diamond placers in the form of a principle diagram of the distribution of sedimentary reservoirs of kimberlite minerals. The landscape-dynamic zones of sedimentation are highlighted. A classification scheme of sedimentary reservoirs containing diamond placers has been developed. Continental, transitional and marine environments are distinguished, with further detalization of sedimentation environments – peneplain, alluvial-lacustrine accumulative plain, alluvial-deltaic plain and shelf zones of sea basins. It is shown that the formation of valley placers, their internal structure, thickness, granulometric composition and diamond content of alluvium are influenced by the dynamic phases of the formation of annual valleys. Visualization of the mutual relationship of different morpho-genetic types of placer diamond deposits is given.

Key words: *diamond placers; deposit type; formation conditions; Africa; Brazil.*