


УДК 550.8.13:553.81(477)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2018.4.49-51>**Ш. К. МАГАЗОВ**, геолог (Правобережна геологічна експедиція, ДП "Українська геологічна компанія"), furgeol@ukr.net**Sh. K. MAGAZOV**, geologist (Pravoberezhna geological expedition of the State Enterprise "Ukrainian Geological Company"), furgeol@ukr.net

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ПОШУКУ АЛМАЗОНОСНИХ РАЙОНІВ І КІМБЕРЛІТОВИХ ПОЛІВ НА ЗАКРИТИХ ТЕРИТОРІЯХ

MATHEMATICAL METHODS OF SEARCH FOR DIAMOND-BEARING AREAS AND KIMBERLITE FIELDS IN CLOSED TERRITORIES

На основі аналізу взаємозв'язків реальних кімберлітових полів і розміщення кімберлітових трубок світу з математично обґрунтованими структурами крихко-пластичної деформації запропоновано структурно-математичний спосіб пошуку алмазоносних районів і кімберлітових полів. Метою цього способу є локалізація застосування геолого-геофізичних робіт на математично коректних площах, що може суттєво скоротити терміни й витрати на відкриття корінних джерел алмазів. Його можна використовувати під час проведення прогнозних регіональних робіт на корінні джерела алмазів.

Ключові слова: математичні методи дослідження, алмазоносні райони, кімберлітові поля, алмази.

Based on the analysis of the interrelationships between real kimberlite fields and the location of kimberlite tubes of the world, a structural and mathematical method for the search for diamond-bearing regions and kimberlite fields is proposed. The purpose of this method is to localize the use of geological and geophysical works on mathematically correct areas, which can significantly reduce the time and cost of discovering indigenous diamond sources. It can be used in carrying out the projected regional works on the roots of diamonds.

Keywords: mathematical methods of exploration, diamond-bearing regions, kimberlite fields, diamonds.

Пошуки алмазоносних районів і кімберлітових полів у межах відомих алмазоносних провінцій стикаються зі значними труднощами через наявність великих пошукових площ і мізерний, менше ніж 1 %, внесок у загальний обсяг рудогенерувальної системи власне алмазоносного магматизму. У районах алмазоносного магматизму з малим ерозійним зрізом переважають точкові об'єкти площею до десятків гектарів, які утворюють ланцюжки й куці зближених тіл, нерідко відокремлені поля зорієнтовані вздовж осі алмазоносних провінцій.

За середньої величини ерозійного зрізу територій розмір структур трубок зменшується вдвічі, зростає відносна кількість дайок і силів. У разі глибокого ерозійного зрізу алмазоносний магматизм проявлений лише у вигляді дайок і кореневих частин трубок. Закриті території вкрай несприятливі для надійного виділення алмазоносних об'єктів такими традиційними комплексами методів, як шліхо-мінералогічний і геофізичний. Широковідомі райони кімберлітового магматизму зі слабкою намагніченістю кімберлітів, великою глибиною залягання й сильним впливом приповерхневих перешкод несприятливі для якісної інтерпретації геофізичних полів. Такі "сліпі" об'єкти не виділяються в геофізичних полях і не фіксуються контрастними ореолами мінералів-супутників алмазів. Згідно зі статистичними даними таких об'єктів не менш як половина від усіх виявлених. Саме тому встановлення і застосування нових глобальних математичних закономірностей у розміщенні кімберлітових полів може суттєво вплинути на прогрес у пошуках нових алмазних родовищ.

Становлення алмазоносного мантіяного діапіру відбувається на ранніх етапах еволюції Землі в період між 1,1–1,2 до 3,3 млрд років. До того ж тіла глибинних алмазоносних магматитів локалізуються на периферії зон овально-неправильної форми. Водночас у літосфері на глибині 16 км є великі ко-

романтійні неоднорідності – ділянки локальної коромантійної конвекції, які можна трактувати як протокімберлітові джерела. Власне кімберлітові поля простягаються на периферії цих високоомних літосферних блоків. Підняття кімберлітової магми до поверхні у вигляді невеликих порцій-ін'єкцій по трищинах відбувається під впливом пульсаційного й високочастотного геодинамічного режиму завдяки обертанню Землі.

Будову тектонічних полів напруженості вивчав М. В. Гзовський [1]. Його моделі являють собою тривимірні структурно-динамічні системи. Тож у разі допущення нашої моделі, ми отримуємо ідеально пластичне тіло у вигляді сфероїда (еліпсоїда обертання) з нульовою амплітудою, в якому співвідношення довжини й висоти – 3:1. У відомих алмазоносних субпровінціях розмір сфероїда становить приблизно 600–400 км завширшки і 200 км завглибшки. Для кімберлітів глибина генерації первинного джерела – 175–180 км. Ця параметрична величина магмоконтрольованого диз'юнктиву є мінімально можливою для проникнення в магму на глибину 200 км [5].

Розвиток мантіяного плюму зумовлюється ротаційним ефектом унаслідок прискорення або гальмування обертання Землі [2, 3]. Мантіяний плюм піднімається догори гвинтовою траєкторією, характер руху магми турбулентний, швидкість підняття імпульсивна. На глибині 16 км відбувається локалізація кімберлітоконтрольованих зон, по периферії яких – уздовж зон променевої проникності – розривів, що оперяють великі розломи, відбувається послідовне розвантаження мантіяного джерела з утворенням на глибинах 1,8–2,0 км алмазоносних кімберлітових трубок [4]. Водночас розподіл кімберлітових трубок усередині поля трактується як одноактний слід підняття магми. Він проявляється на поверхні у вигляді трасування одного чи багатьох слідів, що разом утворюють рудну кімберлітумісну зону.

На ерозійній поверхні сліди трасування магми мають вигляд системи від гвинтоподібних до спіралеподібних ліній, які пере-

тинаються навкруги одного-двох геометричних центрів. На ізометричну, еліпсоподібну, конусоподібну форму джерел кімберлітового магматизму вказують численні дослідники [5–10].

В ідеальному випадку (математична модель) – це два і більше центрів, які перетинаються з колом кривини та мають аналітичне й графічне рішення. Механізм утворення власне кривих кола кривини уявляється таким: у процесі підняття кімберлітумісної магми до поверхні повне гвинтове обертання газорідного розплаву загасає. Воно звужується до спіралеподібного й на перетині основного сліду підняття магми в так званих зонах променевої проникності відбувається пробиття земної поверхні з утворенням трубки вибуху. Крива кола кривини на денній поверхні має характер проковзування по поверхні сфероїда.

Гвинтові, спіралеподібні січні системи кімберлітумісних структур як сліди підняття магми до поверхні виділяються одним з відомих способів. Найповнішу картину дає виділення траси по спрямлених ділянках фрагментів певної довжини, під певним кутом, з точно зафіксованого геометричного центру, визначеного за геофізичними (магнітними) полями. Цей спосіб виділення структурних ліній має аналітичне й графічне рішення – як локальні елементи площинної кривої, зокрема рівняння дотичної і нормалі [11]. Таким чином, прогнозне значення має не вся площа субпровінції, а лише перехідна зона, тобто слід підняття магми на поверхні, де часто фіксують геофізичні аномалії від трубок, які не дійшли до поверхні. У рідкісних випадках такі трубки все-таки прориваються на поверхню вздовж сприятливих розривних систем і тріщинуватості в платформному чохлах. Отже, геолого-геофізичні роботи потрібно зосередити на трасі підняття магми на поверхню. Цю трасу розглядаємо як кімберлітоконтрольовальну глибинну зону завширшки до 50 км з ділянками продуктивних кімберлітових полів діаметром 10–50 км, розміщених на особливих точках кривої кола кривини як математичної моделі.

Ми встановили відповідність місця залягання алмазних родовищ у ранні полів особливим точкам локальних елементів площинної кривої (рис. 1). Вони мають граничне положення, через яке проходить коло, що називається колом кривини. Таких особливих точок на кривій кола кривини в разі перетину двох кіл є не менше ніж п'ять. Подібні математичні структури (криві лінії) вивчають за допомогою диференціальної геометрії методом диференціального числення [12]. Криві кола кривини, на наш погляд, відповідають локальним структурам зон напруженості докембрійського фундаменту – новому типу структур крихко-пластичної деформації – зсуву, гойдання, скручуванню (далі – ЗГС). Ці структури утворюються в лінійних і скривлених зонах зсуву, деформаційного тертя, гойдання і фіксуються особливим способом інтерпретації карт аномального магнітного поля в разі понижених його значень [12].

Структура ЗГС як образ деформаційної структури докембрію в абсолютно елементарній формі являє собою г-подібне сполучення одного лінійного елемента й відокремленої від нього дуги (рис. 2). Форма таких структур є безрозмірною в тому сенсі, що вона відображує узагальнені умови генерації деформаційних структур різноманітного розміру від одного до сотень кілометрів.

В узагальненій моделі структури ЗГС виокремлюють особливі точки або окремі тектонічні позиції. Вони мають різне спрямування напружень і деформацій і розглядаються як рудно-геохімічні системи з тенденціями до локалізації зруденіння в структурах ЗГС. Ці позиції відображують пе-

трологічну й рудно-геологічну взаємодію відокремлених просторово, але взаємно доповнювальних процесів в єдиній тектоногеохімічній системі кристалічного фундаменту.

На основі викладеного можна стверджувати:

1. Відомі кімберлітові алмазоносні поля простягаються на особливих точках перетину теоретичної площинної кривої з колами, що визначаються як криві кола кривини, визначеної методами диференціальної геометрії. Вони збігаються з особливими точками або певними тектонічними позиціями на локальних структурах зон тектонічної напруженості докембрійського фундаменту – структурах ЗГС. Кількість полів визначають згідно з $(2n+1)$, де $n \geq 2$.

2. Локалізація кімберлітових полів на математично закономірних точках в єдиній тектоногеохімічній системі структури ЗГС дає змогу стверджувати про виділення структури кімберлітових полів на рівні відомих алмазоносних субпровінцій. У них кімберлітовим полям відповідають ізометричні гравітаційні й магнітні аномалії діаметром від 10 до 50 км. Ці аномалії тяжіють до зонально-проявлених кільцевих утворень діаметром 170–200 км, ускладнених радіальними розломами.

Згідно з нашим способом прогнозно-пошукове завдання щодо виявлення нових алмазоносних полів можна розв'язати таким чином:

- попереднє нанесення на прогнозно-геологічну схему контурів відомих алмазоносних районів і кімберлітових полів;
- виділення в межах цих контурів геометричних центрів;
- за координатами геометричних центрів не менше ніж двох віддалених одне від одного полів і за відомими формулами визначають: а – кривину центрів відомих полів; б – радіус кола кривини відомих полів; в – координати центрів кола кривини.

За цими даними будують математичну модель кривої кола кривини, яка є образом деформаційної структури ЗГС кристалічного фундаменту пошукової площі. Таким чином, отримуємо єдину тектоногеохімічну систему – **структуру кімберлітових полів**. У цій системі особливі точки кривої кола кривини або тектонічні позиції структури ЗГС відповідають новим кімберлітовим полям.

Заявлений спосіб можна представити у вигляді математичного запису (рис. 3):

$$F [(ККК, ЗГК)+ГЦ (КП1, КП2)] = СКП_{\text{субпров}} + КП (1+2n) \\ (600 \times 400) \text{ км } (170-200) \text{ км } n(10-50) \text{ км,} \\ \text{де ККК – крива кола кривини,} \\ \text{ЗГК – структура ЗГС (зсув, гойдання, скручування),} \\ \text{ГЦ – геометричні центри,} \\ \text{КП1, КП2 – відомі кімберлітові поля,}$$

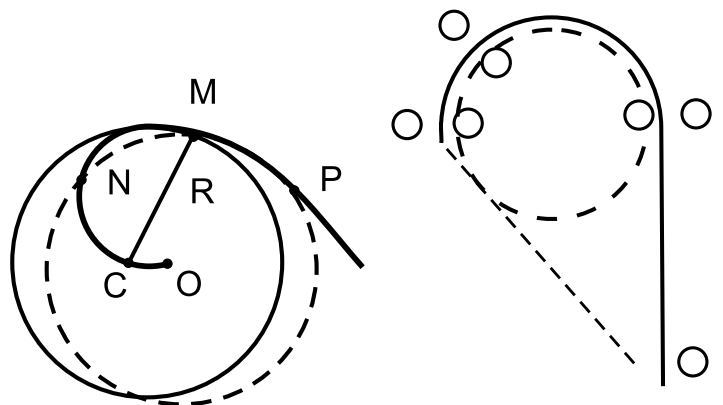


Рис. 1. Крива кола кривини

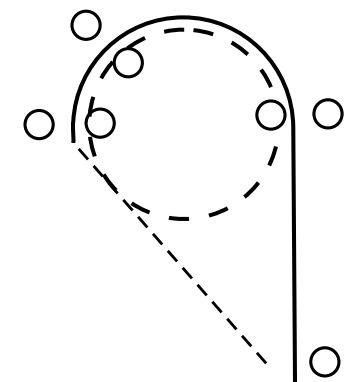


Рис. 2. Тектонічні позиції структур зсуву-гойдання-скручування

СКПсубпров – структура кімберлітових полів у ранзі субпровінцій,

КП (1+2n) – прогнозовані кімберлітові поля, (600×400), (170–200), (10–50) км – формальні розміри контурів виділених структур.

Отже, згідно з нашими уявленнями, особливі точки кривої кола кривини як математичної моделі відповідають положенню кімберлітових полів, а крива кола кривини – структури кімберлітових полів. Їхнім геологічним утіленням є новий тип структур деформації кристалічного фундаменту ЗГС (зсув, гойдання, скручування) з виділенням особливих точок чи певних тектонічних позицій. Визначення положення куців і окремих кімберлітових тіл у кімберлітових полях також можливе (рис. 4), оскільки математична модель кривої кола кривини і відповідна їй структура ЗГС є універсальним образом деформаційної структури докембрію.

Застосовуючи цю методику, автор виділив на території західної частини Українського щита декілька ділянок, перспективних на виявлення корінних джерел алмазів, а 2018 року отримав копію заявки № а 2018 04326 на видачу патенту України на винахід нового способу пошуків кімберлітових полів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Гзовский М. В.* Основы тектонофизики. – М.: Наука, 1975. – 536 с.
2. *Дерябин Н. И.* Рудоконтролирующие флюидизитовые зоны. – Киев, 2005. – 136 с.
3. *Епифанов В. А.* Размещение первоисточников алмазов в связи с вращением Земли//Материалы II Международной конференции “Прогнозирование и поиски коренных и россыпных алмазных месторождений” (КО УкрГГРИ). – Киев: УкрГГРИ, 2006. – С. 41–49.
4. *Горев Н. И., Зайцев С. А.* Прогнозирование коренных источников алмазов по тектоническим критериям//В сб. “Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых”. – Якутск: ЯФ ГУ “Издательство СО РАН”; 2004. – С. 77–81.
5. *Зинчук Н. Н., Дукарт Ю. А., Борис Е. И.* Тектонические аспекты прогнозирования кимберлитовых полей. – Новосибирск, 2004. – 166 с.
6. *Борис Е. И., Дукарт Ю. А.* Методические приемы структурного картирования при поисках кимберлитовых полей на закрытых площадях//В сб. “Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых”. – Якутск: ЯФ ГУ “Издательство СО РАН”; 2004. – С. 15–22.
7. *Дукарт Ю. А., Борис Е. И.* О тектоническом контроле Мирнинского кимберлитового поля Укугутской зоны линейментных рифтов//В сб. “Вопросы методики прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых”. – Якутск: ЯФ ГУ “Издательство СО РАН”; 2004. – С. 91–103.

8. *Дукарт Ю. А., Борис Е. И.* Глубинные разломы и алмазоносный кимберлитовый магматизм//Материалы II Международной конференции “Прогнозирование и поиски коренных и россыпных алмазных месторождений” (КО УкрГГРИ). – Киев: УкрГГРИ, 2006. – С. 37–43.

9. *Серокуров Ю. Н., Калмыков В. Д., Корчуганова Н. И.* Формы структурного контроля площадей проявлений кимберлитового магматизма по материалам космических съемок последних поколений//Материалы II Международной конференции “Прогнозирование и поиски коренных и россыпных алмазных месторождений” (КО УкрГГРИ). – Киев: УкрГГРИ, 2006. – С. 105–111.

10. *Епифанов В. А., Родин Р. С.* Рельеф подошвы литосферы – определяющий фактор размещения траппового и кимберлитового магматизма на Сибирской платформе//Сб. “Геология, закономерности размещения, методы прогнозирования и поисков месторождений алмазов”. – Мирный, 1998. – С. 256–258.

11. *Слензак О. И.* Локальные структуры зон напряжений докембрия. – Киев: Наукова думка, 1984. – 102 с.

12. *Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов.* – Москва: Наука, 1980. – 973 с.

REFERENCES

1. *Gzovskij M. V.* Basics of tectonophysics. – Moskva: Nauka, 1975. – 536 p. (In Russian).
2. *Deryabin N. I.* Ore-controlling fluidizitic zones. – Kiev, 2005. – 136 p. (In Russian).
3. *Epifanov V. A.* The location of the primary sources of diamonds in connection with the rotation of the Earth//Materialy II Mezhdunarodnoj konferencii “Prognozirovanie i poiski korennyh i rossypnyhalmaznyh mestorozhdenij” – Kiev: UkrGGRI, 2006. – P. 41–49. (In Russian).
4. *Gorev N. I., Zajcev S. A.* Predicting indigenous sources of diamonds on tectonic criteria//V sbornike “Voprosy metodiki prognostirovaniya i poiskov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh”. – Yakutsk: JaF GU “Izdatelstvo SO RAN”; 2004. – P. 77–81. (In Russian).
5. *Zinchuk N. N., Dukart Ju. A., Boris E. I.* Tectonic aspects of forecasting kимberlite fields. – Novosibirsk, 2004. – 166 p. (In Russian).
6. *Boris E. I., Dukart Ju. A.* Methodical methods of structural mapping when searching for kимberlite fields in closed areas//V sbornike “Voprosy metodiki prognostirovaniya i poiskov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh”. – Yakutsk: JaF GU “Izdatelstvo SO RAN”; 2004. – P. 15–22. (In Russian).
7. *Dukart Ju. A., Boris E. I.* On the tectonic control of the Mirny kимberlite field of the Ukugut zone of lineament rifts//V sbornike “Voprosy metodiki prognostirovaniya i poiskov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh”. – Yakutsk: JaF GU “Izdatelstvo SO RAN”; 2004. – P. 201–103. (In Russian).
8. *Dukart Ju. A., Boris E. I.* Deep faults and diamondiferous kимberlite magmatism//Materialy II Mezhdunarodnoj konferencii “Prognostirovanie i poiski korennyh i rossypnyhalmaznyh mestorozhdenij” – Kiev: UkrGGRI, 2006. – P. 37–43. (In Russian).
9. *Serokurov Ju. N., Kalmykov V. D., Korchuganova N. I.* Forms of structural control of the areas of manifestations of kимberlite magmatism based on materials of space surveys of the latest generations//Materialy II Mezhdunarodnoj konferencii “Prognostirovanie i poiski korennyh i rossypnyhalmaznyh mestorozhdenij” – Kiev: UkrGGRI, 2006. – P. 105–111. (In Russian).
10. *Epifanov V. A., Rodin R. S.* The relief of the base of the lithosphere is a determining factor in the placement of trap and kимberlite magmatism on the Siberian platform//V sbornike “Geologiya, zakonmernosti razmeshheniya, metody prognostirovaniya i poiskov mestorozhdenijalmazov”. – Mirnyj, 1998. – P. 256–258. (In Russian).
11. *Slenzak O. I.* Local structures of the Precambrian stress zones. – Kyiv: Naukova dumka, 1984. – 102 p. (In Russian).
12. *Mathematics manual for engineers and technic university students.* – Moskva: Nauka, 1980. – 973 p. (In Russian).

Рукопис отримано 17.10.2018.

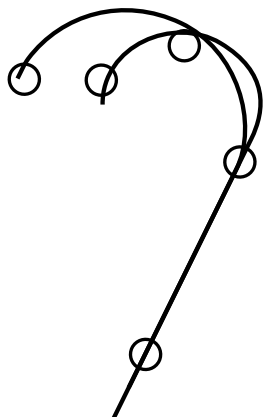


Рис. 3. Схема розміщення кімберлітових полів у Західній Якутії

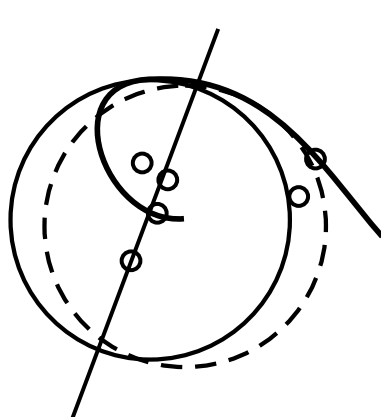


Рис. 4. Схема розміщення кімберлітових трубок у Мирнинському полі