

Происхождение и алмазоносность кимберлитовых пород

Костровицкий С.И.^{1,2}

Origin and diamond potential of kimberlite rocks

Kostrovitsky S.I.

¹ *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск;*

e-mail: serkost@jgc.irk.ru

² *Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск*

Кимберлиты отличаются от всех вулканических пород своей гибридной природой, что затрудняет понимание их происхождения. В работе будут освещены 3 вопроса: 1) с чем связан разный состав кимберлитов из разных провинций, полей, отдельных кустов трубок; 2) какой был первичный состав кимберлитов; 3) основные закономерности проявления алмазоносности кимберлитов.

При разработке модели важное значение мы придали петрохимической классификации кимберлитов [3], а также выводу, принятому ведущими исследователями [6, 7] о существовании генетической связи кимберлитов с низко-Sr, высоко-Ti мегакристной ассоциацией минералов, которая кристаллизовалась в астеносферном расплаве. Согласно классификации, существуют 3 основных петрохимических типа: высоко-Mg, Mg-Fe и Fe-Ti. Далее, мы полагаем [3, 5, 9], что астеносферный источник расплава под Якутской кимберлитовой провинцией (ЯКП) был относительно однородный по Sr-Nd-Hf систематике, по содержанию, особенностям распределения некогерентных элементов.

Предполагается, что образование разных по составу кимберлитов было обусловлено процессом контаминации кимберлитовым расплавом при его восхождении через породы литосферной мантии (ЛМ), имеющие разный состав. Этот вывод был обоснован [7] построением графика (усредненное отношение Mg/Fe для кимберлитов из разных провинций и пород литосферной мантии под соответствующими провинциями), показавшего высокий уровень положительной корреляции. Причиной наличия корреляции явилось разное количество в ЛМ пород дунит-гарцбургитового парагенезиса, содержащих ортопироксен – минерал, наиболее подверженный процессу контаминации. Полностью соглашаясь с выводом авторов, мы, однако, полагаем, что он нуждается в уточнении тех генетических следствий, к каким ведет его принятие.

Следствие 1. Поскольку только процесс контаминации ведет к увеличению магнезиальности первичного кимберлитового расплава, изначально последний имел относительно высоко-Fe состав, вероятнее всего, близкий к составу наиболее железистого Fe-Ti петрохимического типа кимберлитов.

Следствие 2. Поскольку, по мнению авторов данного вывода [7], решающее значение для увеличения магнезиальности кимберлитового расплава имеет состав пород ЛМ, необходимо сравнить их состав под разными провинциями, под отдельными полями не только по Mg/Fe отношению (что было сделано авторами!), но и по другим оксидам и, в первую очередь, по содержанию TiO₂.

Следствие 3. Проведенные нами исследования [5, 9] состава ЛМ под южными алмазоносными и северными с убогой алмазоносностью полями ЯКП, контрастно отличающимися по составу кимберлитов (первые выполнены высоко-Mg и Mg-Fe петрохимическими типами, а вторые преимущественным образом выполнены Fe-Ti петрохимическим типом [1-3]), показали, что породы ЛМ под северными полями, в основном, являются более низко-Ti, чем под южными полями. А, следовательно, высоко-Ti состав кимберлитов из северных полей невозможно объяснить процессом контаминации породами ЛМ.

Мы полагаем, что различия в составе кимберлитовых пород непосредственно обусловлены не самим процессом контаминации, а интенсивностью его проявления (насколько значителен процент вовлекаемых в этот процесс высоко-Mg пород ЛМ).

Отсутствие в ЛМ под северными полями дунит-гарцбургитовых пород (за исключением Куойкского поля) сводит процесс контаминации чаще всего к нулю, и поэтому расплав, формирующий высоко-Fe, высоко-Ti кимберлитовые породы, по составу остается близким к первичному расплаву.

Согласно предложенной модели, формирование каждого из петрохимических типов кимберлитов было связано с составом первичного расплава, в котором при восхождении изменялось соотношение карбонатной и силикатной компонент астеносферного расплава. Предполагается, что астеносферный расплав в момент его активации, предшествующий началу кимберлитового вулканизма, оказался подверженным процессу дифференциации на фазы, характеризующиеся существенно карбонатным и карбонатно-силикатным составами. Различная дезинтегрирующая и проникающая способность этих фаз предопределила при их подъеме разный объем обломочного материала ЛМ, захваченного и частично ассимилированного кимберлитовым расплавом.

Кимберлит высоко-Mg типа образовался во время подъема астеносферного расплава существенно карбонатного состава, обладающего высокой дезинтегрирующей способностью, что привело к дроблению и последующему захвату максимального количества обломочного материала ЛМ. В формировании кимберлита Mg-Fe и Fe-Ti типов участвовал астеносферный расплав преимущественно силикатного состава, характеризующийся относительно низкой дезинтегрирующей способностью. Отметим, что силикатная часть расплава содержала, как правило, минералы низко-Sr мегакристной ассоциации.

Существенную роль в формировании разных типов кимберлитов сыграла мощность ЛМ под тем или иным полем. Максимальное число кимберлитовых тел, выполненных высоко-Mg типом кимберлита установлено в южных полях ЯКП, под которыми мощность ЛМ составляет 150-200 км. При этом самая максимальная мощность ЛМ отмечена [8] под Накынским полем, в котором были обнаружены кимберлитовые тела, выполненные только высоко-Mg типом кимберлита. И, напротив, под северными полями, которые характеризуются относительно низкой мощностью ЛМ (150-200 км [4]), доминирующее число кимберлитовых тел выполнено Fe-Ti типом.

Возвращаясь к вопросу о составе первичного кимберлитового расплава, отметим, что при изучении расположенных рядом двух кимберлитовых тел Куойкского поля (трубка Обнаженная и дайка Великан находятся всего в 1 км друг от друга), выяснилось, что они выполнены контрастными по текстуре и составу кимберлитами. Трубка Обнаженная выполнена пирокластическим брекчиевой текстуры кимберлитом высоко-Mg, низко-Ti состава, а дайка Великан – гипабиссальным кимберлитом массивной текстуры и относительно высоко-Fe, высоко-Ti состава. Если кимберлит из трубки Обнаженная характеризуется очень высокой насыщенностью обломочным материалом ЛМ (и ксеногенными макрокристаллами, и мантийными ксенолитами), то кимберлит дайки Великан совершенно лишен его, и это дало основание для вывода, что исходный кимберлитовый расплав для дайки Великан не был подвергнут процессу ассимиляции, и поэтому может рассматриваться как первичный. Его состав, усредненный по нашим неопубликованным и литературным данным [2] (в вес. %): SiO₂ – 21.8, TiO₂ – 3.5, Al₂O₃ – 4.0, FeO – 10.6, MnO – 0.19, MgO – 21.0, CaO – 17.2, Na₂O – 0.24, K₂O – 0.78, P₂O₅ – 0.99, CO₂ – 12.6.

Исследования проведены за счет гранта РФФИ № 22-77-10073 (<https://rscf.ru/project/22-77-10073/>). Автор признателен геологическому руководству АК АЛРОСА за многолетнее предоставление финансовой и технической помощи при проведении полевых работ, дирекции Института геохимии СО РАН, создавшей благоприятные условия для творческой работы. Все аналитические работы были проведены в ЦКП Института геохимии СО РАН.

Список литературы

1. *Бородин Л.С., Лапин А.В., Пятенко И.К.* Петрология и геохимия даек щелочно-ультраосновных пород и кимберлитов. М.: Недра, 1976. 244 с.
2. *Илупин И.П., Каминский Ф.В., Францессон Е.В.* Геохимия кимберлитов. М.: Недра, 1978. 352 с.
3. *Костровицкий С.И., Морикио Т., Серов И.В. и др.* Изотопно-геохимическая систематика кимберлитов Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2007. Т. 48. № 3. С. 350-371.
4. *Griffin W.L., Ryan C.G., Kaminsky F.V. et al.* The Siberian lithosphere traverse: mantle terranes and the assembly of the Siberian Craton // Tectonophysics. 1999. V. 310. № 1-4. P. 1-35. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00156-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00156-0)
5. *Kostrovitsky S.I., Tappe S., Yakovlev D.A. et al.* Lithospheric mantle heterogeneity beneath the Siberian craton: Evidence from garnet xenocryst database with implications for kimberlite compositions // Gondwana Research. 2024 V. 128. P. 298-314. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.10.021>
6. *Mitchell R.H.* Kimberlites: mineralogy, geochemistry, and petrology. New York. Plenum Press, 1986. 442 p.
7. *Pearson D.G., Woodhead J., Janney P.E.* Kimberlites as Geochemical Probes of Earth's Mantle // Elements. 2019. V. 15. № 6. P. 387-392. <https://doi.org/10.2138/gselements.15.6.387>
8. *Pokhilenko N.P., Agashev A.M., McDonald J.A. et al.* Kimberlites of the Nakyn field, Siberia, and the Snap lake/King lake dyke system, Slave craton, Canada: a new variety of kimberlite with a proposed ultradeep origin. // 8th IKC, Victoria, Canada. Extended Abstracts. 2003. V. 8. <https://doi.org/10.29173/ikc3102>
9. *Sun J., Liu C.-Z., Tappe S. et al.* Repeated kimberlite magmatism beneath Yakutia and its relationship to Siberian flood volcanism: insights from in situ U-Pb and Sr-Nd perovskite isotope analysis // Earth and Planetary Science Letters. 2014. V. 404. P. 283-295. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.07.039>