

Морфология трапповых силлов вблизи кимберлитов

М. Д. Томшин, С. С. Гоголева

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск,
пр-т Ленина, 39, e-mail: gogoleva_ss@mail.ru

Поступила в редакцию 31.03.2023 г., принята к печати 12.04.2023 г.

Объект исследования. Трапповые силлы Далдыно-Алакитского алмазоносного района Западной Якутии. **Цель.** Установить причину влияния вмещающих кимберлитовых диатрем осадочных пород на характер внедрения базитовой магмы, формирующей трапповые силлы и возможность использования морфологии силлов в качестве одного из поисковых признаков на кимберлиты. **Материалы и методы.** Изучены разрезы трапповых силлов вблизи кимберлитов, их строение, петрографический и петрохимический состав долеритов, выполняющих силлы. **Результаты.** Показано, что при формировании кимберлитовых диатрем, сопровождаемых пульсационными, смещающимися вверх взрывами, происходит существенное уплотнение вмещающих кимберлиты осадочных пород, в которых возникают поля термоупругих напряжений. В результате вблизи кимберлитов появляются зоны, труднопроницаемые для относительно вязких, обогащенных протокристаллами базитовых магм. При внедрении таких магм последние перед кимберлитами образуют торообразные валы с резко возрастающей в интрузивах мощностью. Иногда магма, обтекая кимберлиты, создает “безтрапповые окна”, иногда расщепляется на маломощные “язычки”. Довольно часто перед кимберлитами силлы сминаются, приобретают волнообразную форму. Сделан вывод о том, что все перечисленные морфологические особенности траппов возникают во время внедрения магмы, что дает основание использовать их как один из косвенных методов поиска кимберлитов, особенно при площадном разбуривании перекрытых сплошными трапповыми полями территорий, проводимом АК “АЛРОСА” (ПАО) в Западной Якутии.

Ключевые слова: Далдыно-Алакитский алмазоносный район, траппы, кимберлиты, диатремы

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках НИР ИГАБМ СО РАН, проект № 0381-2019-0003

Morphology of trap sills near kimberlites

Mikhail D. Tomshin, Sargylana S. Gogoleva

Institute of Diamond and Precious Metals Geology, SB RAS, 39 Lenin av., Yakutsk 677000, Sakha Republic, Russia,
e-mail: gogoleva_ss@mail.ru

Received 31.03.2023, accepted 12.04.2023

Research subject. Trap sills of the Daldin-Alakit diamond-bearing region of western Yakutia. **Aim.** To establish the reason for the influence of sedimentary rocks containing kimberlite diatremes on the introduction of basite magma that forms trap sills and the possibility of using the morphology of sills as a search signs for kimberlites. **Materials and methods.** Sections of trap sills near kimberlites, their structure, petrographic and petrochemical composition of dolerites performing sills were studied. **Results.** During the formation of kimberlite diatremes, accompanied by pulsating explosions shifting to the top, a significant compaction of the sedimentary rocks containing kimberlites occurs, associated with thermoelastic stress fields. This process leads to the formation of zones near kimberlites, which are difficult to penetrate for relatively viscous, proto-crystalline-enriched basite magmas. When such magmas are introduced, the latter before kimberlites form torus-shaped shafts with a sharply increasing power in intrusions. Sometimes magma, flowing around kimberlites, creates “trappless windows”, occasionally splitting into low-power “tongues”. Quite frequently, before kimberlites, sills crumple, acquiring a wave-like shape. **Conclusion.** All the listed morphological features of traps arise during the introduction of magma, thus providing an indirect method of searching for kimberlites, particularly during the areal drilling of territories covered by continuous trap fields conducted by ALROSA in Western Yakutia.

Keywords: Daldyn-Alakit diamond-bearing region, traps, kimberlites, diatremes

Funding information

This study was carried out within the framework of the state assignment to the DPMGI SB RAS No. 0381-2019-0003

Для цитирования: Томшин М.Д., Гоголева С.С. (2023) Морфология трапповых силлов вблизи кимберлитов. *Литосфера*, **23**(4), 579–588. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-4-579-588>

For citation: Tomshin M.D., Gogoleva S.S. (2023) Morphology of trap sills near kimberlites. *Lithosphere (Russia)*, **23**(4), 579–588. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-4-579-588>

ВВЕДЕНИЕ

С момента открытия многочисленных девонских кимберлитовых трубок, располагающихся среди пермо-триасовых траппов, образующих практически сплошные поля, в Далдыно-Алакитском алмазоносном районе (Якутская кимберлитовая провинция) отмечено, что непосредственно вблизи диатрем траппы часто отсутствуют. Более того, при близком расположении диатрем, приуроченных к кимберлитоконтролирующим структурам, образуются протяженные безтрапповые участки. А.И. Крючков назвал подобные структуры “трапповыми окнами” и “трапповыми коридорами” (Крючков и др., 1991). Предполагалось, что образование таких трапповых “окон и коридоров” связано с формированием в околотрубочном пространстве “мульд проседания”. Последние возникали в силу более интенсивного выветривания кимберлитов и выноса дезинтегрированного материала поверхностными и грунтовыми водами, а вместе с ним и разрушенных околотрубочных пород (Крючков и др., 1991; Никулин и др., 2001; Коробков и др., 2013). Для находящихся на дневной поверхности трапповых силлов такое предположение допустимо, но оно не объясняет появление “трапповых окон” в залегающих на глубине интрузивах. То есть образование “трапповых окон” и тем более “трапповых коридоров” имеет, скорее всего, иное, глубинное, происхождение.

Следует подчеркнуть, что не только образованием “трапповых окон и коридоров” ограничивается взаимоотношение траппов и кимберлитов. Известны многочисленные случаи, когда вблизи кимберлитов в силлах происходит резкое, двух-, трехкратное, увеличение их мощности. Силлы перед диатремами могут менять свое первоначально горизонтальное залегание, задираясь вверх, могут сминаться (“гармошиться”), расщепляться на маломощные “языки”. В то же время нередко внедряющаяся базитовая магма не реагирует на кимберлиты, рассекает диатремы, отрывает от основного тела кимберлитов верхние блоки (отторженцы) и перемещает их. То есть существует множество разных фактов, в том числе и “трапповые окна”, которые на сегодня не имеют достаточно квалифицированного объяснения. В настоящей работе излагается авторский взгляд на причины столь сложного поведения траппов вблизи кимберлитов и возможность использования этого факта в поисках кимберлитов.

Траппы Далдыно-Алакитского района

Далдыно-Алакитский алмазоносный район охватывает центральную часть восточного борта Тунгусской синеклизы (рис. 1) и располагается между реками Оленек (на севере) и Вилюй (на

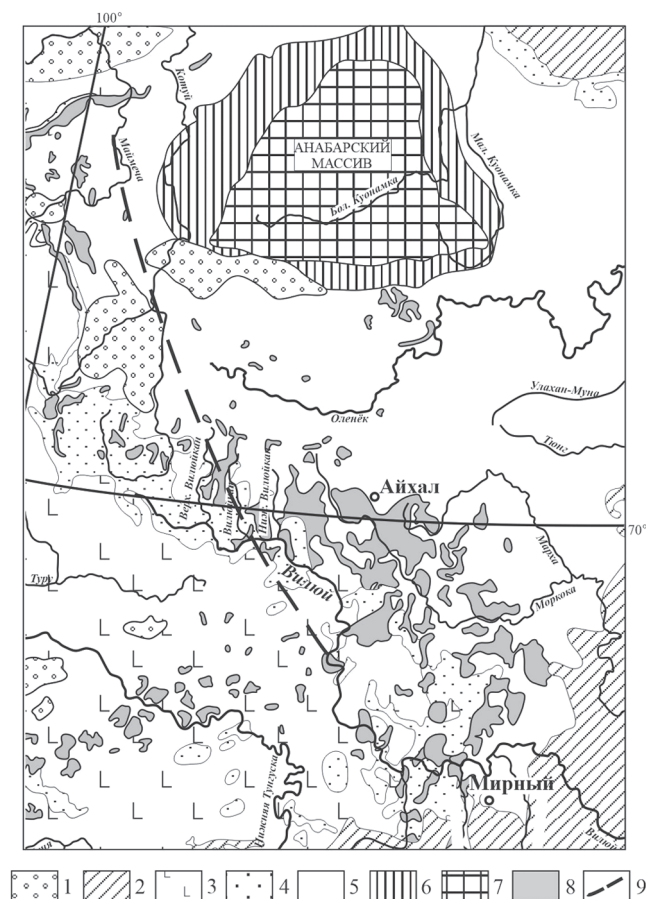


Рис. 1. Схематическая геологическая карта северо-восточной части Сибирской платформы.

1 – четвертичные отложения; 2 – континентальный мезозой (J_{1-2}); 3 – нерасчлененная интрузивно-эффузивная толща (P_2-T_1); 4 – верхнепалеозойские (C_{2-3} , P_{1-2}) терригенные отложения; 5 – морские нижне- и среднепалеозойские отложения ($D-S$); 6 – верхнепротерозойские отложения (PR_2); 7 – Анабарский щит; 8 – нерасчлененные интрузивные траппы; 9 – Вилюйско-Котуйканская система глубинных разломов.

Fig. 1. Schematic geological map of the northeastern part of the Siberian Platform.

1 – Quaternary sediments; 2 – continental Mesozoic (J_{1-2}); 3 – undifferentiated intrusive-effusive strata (P_2-T_1); 4 – Upper Paleozoic (C_{2-3} , P_{1-2}) terrigenous sediments; 5 – marine Lower and Middle Paleozoic sediments ($D-S$); 6 – Upper Proterozoic sediments (PR_2); 7 – Anabar shield; 8 – undifferentiated intrusive traps; 9 – Vilyuisko-Kotuikan system of deep faults.

юге и юго-западе). Данная область характеризуется обширным развитием пород трапповой формации, основной формой залегания которых являются силлы. Большинство их мощным плащом перекрывают практически 70% территории, как правило бронируя ее водораздельные участки. По геологическому, петрографическому и петрохимическому материалу установлено, что пермо-триасовые

траппы района ранее были разделены на три группы (Томшин и др., 2005; Копылова, Томшин, 2011), на три петрохимических типа. Эти три группы сопоставимы с тремя фазами внедрения базитового расплава (Томшин и др., 2021).

Тектономагматическая деятельность в поздней перми началась с внедрения в осадочные породы нижнего и верхнего палеозоя многоступенчатых трапповых интрузий, что привело к формированию силлов базитов первого петрохимического типа. Данные интрузивные тела установлены на различных глубинах, но в основном они бронируют примерно треть водоразделов территории. Многоярусные гипабиссальные интрузии распространяются на многие десятки, а в восточном направлении – на сотни километров от магмоподводящих зон, входящих в Вилюйско-Котуйскую систему глубинных разломов (Горнштейн и др., 1976) (см. рис. 1). Вблизи последних мощность интрузивов достигает 400 м, постепенно уменьшаясь к фланговым частям залежей до 30–25 м. Так, например, Ыгыаттинский интрузив (Олейников и др., 1973), по данным бурения и коренным обнажениям, прослежен на 180–190 км в северо-восточном направлении от Ахтарандинского глубинного разлома, входящего в Вилюйско-Котуйскую систему. Он изменяет свою мощность от 157 м (на западе) до 30 м (на востоке). Строение интрузивов в целом относительно однообразно. Они сложены в основном мелко- и среднезернистыми долеритами и габбро-долеритами, реже отмечаются шпиль феррогаббро и габбро-пегматитов.

Петрографическая и петрохимическая характеристика магматитов достаточно подробно приведена ранее во многих публикациях (Олейников и др., 1973; Макаров, 1986; Томшин и др., 2001; Томшин и др., 2005; Копылова, Томшин, 2011; Коробков и др., 2013; и др.). Здесь же подчеркнем, что по химическому составу долериты интрузивов отвечают среднему составу траппов, по (Кутолин, 1972), и относятся к умереннотитанистым разновидностям (табл. 1).

Интрузивные тела второй фазы внедрения (II петрохимический тип) занимают разное гипсометрическое положение. В одних случаях они внедряются в верхнепалеозойские терригенные осадки, в других – заполняют межформационное пространство между подошвой верхнепалеозойских и кровлей нижнепалеозойских отложений (Томшин и др., 2001). В основном же они залегают под интрузивами II петрохимического типа и лишь на флангах трапповых полей прорывают их, переходя на более высокий гипсометрический уровень. Преимущественно это монотонные пластовые залежи, вещество которых несет четкие следы докамерной кристаллизации расплава в виде протокристаллов основных порообразующих минералов. За счет гломеропорфировых скоплений, прежде всего пла-

Таблица 1. Средний состав траппов восточной части Тунгусской синеклизы по петрохимическим типам, об. %

Table 1. Average composition of traps in the eastern part of the Tunguska syncline by petrochemical types, vol. %

Компонент	Петрохимические типы		
	I	II	III
SiO ₂	48.82	49.38	47.87
TiO ₂	1.46	1.02	1.95
Al ₂ O ₃	15.04	15.00	14.77
Fe ₂ O ₃	3.89	3.16	4.27
FeO	8.79	7.97	9.76
MnO	0.19	0.17	0.20
MgO	6.89	7.97	6.33
CaO	10.29	11.53	10.17
Na ₂ O	2.40	2.01	2.46
K ₂ O	0.47	0.40	0.61
P ₂ O ₅	0.15	0.11	0.21
H ₂ O	1.45	1.27	1.41
CO ₂	0.15	0.08	0.12
S	0.03	0.03	0.03
F	0.03	0.04	0.03
Сумма	99.68	99.83	99.84
Кол-во анализов	128	123	88

Примечание. Анализы выполнены в химико-аналитической лаборатории ИГАБМ СО РАН, г. Якутск.

Note. The analyses were performed in the chemical analytical laboratory of DPMGI SB RAS, Yakutsk.

гиоклаза, долериты приобретают порфировый облик. В петрохимическом плане они относятся к низкотитанистым разновидностям (см. табл. 1).

Интрузивы третьей группы менее распространены, имеют незначительную мощность и протяженность. Они занимают разное гипсометрическое положение и нередко прорывают тела первых двух групп внедрения. Долериты этой группы отличаются хорошей раскристаллизацией, крупнозернистым сложением и трахитоидным типом текстуры, обусловленной плоскопараллельным расположением кристаллов плагиоклаза. В петрохимическом плане долериты интрузивов резко выделяются высоким содержанием титана (до 2 об. % TiO₂).

Поведение траппов вблизи кимберлитов

Разделение исследованных траппов по составу на петротипы показало, что поведение интрузий вблизи кимберлитов зависит прежде всего от их внутреннего строения и состава. Интрузивы I петрохимического типа практически не реагируют на кимберлиты и вмещающие их породы. Известны случаи, когда силлы траппов срезают часть диатрем и сдвигают срезанную верхнюю часть в сто-

рону от основного тела, как у трубок Подтрапповая и Алакитская с их отторженцами (Структурная, Юбилейная и др.) (рис. 2) Силлы этой группы могут полностью перекрывать диатремы и как бы “запечатывать” их (трубки Чукука, им. Соболева (рис. 3), Подтрапповая, Салют, Сатыканская, 30 лет Айхала и мн. др.).

В данном случае кимберлиты не имеют выхода на поверхность и трудны для выявления. Именно здесь в траппах над кимберлитами иногда появляются безтрапповые “окна”. Наиболее чутко реагируют на кимберлиты и околотрубочные вмещающие породы траппы II петрохимического типа. Данные интрузивы выполнены менее подвижной, относительно более вязкой магмой, прошедшей глубинную стадию раскристаллизации, о чем в долеритах свидетельствуют протокристаллы основных пороодообразующих минералов, прежде всего плагиоклаза. Внедряясь, подобные магмы вблизи кимберлитов как бы упираются в менее проницаемые породы. На фронте внедрения происходит резкое, иногда двух-, трехкратное, увеличение мощ-

ности силлов, часто сопровождаемое образованием перед диатремами торообразного вала, тупо выклинивающегося в сторону кимберлитов (Жабин, Сурина, 1970; Никулин и др., 2001; Коробков и др., 2013). Внутри подковообразного вала траппы, как правило, отсутствуют (трубки Восток, Кыллахская (рис. 4), Кисмет, Кира, Молодость и др.). Формируя вал, внедряющийся магматический клин может расщепляться (трубки Юбилейная и Восток (см. рис. 4, 5)). При этом отдельные порции магмы могут выходить на поверхность, образуя маломощные лавотоки, сопровождаемые эруптивной деятельностью и формированием насыпных туфов. Последние могут покрывать более широкое пространство, в том числе перекрывать кимберлиты трубки Кисмет, Заря (рис. 6) Кыллахская и др.

Так же активно реагируют на кимберлиты и околотрубочные вмещающие породы трапповые интрузивы, выполненные базальтовой магмой, отвечающие III петротипу (третья фаза внедрения). Установлено их динамическое воздействие на окружающие породы, в том числе и за счет относительно по-

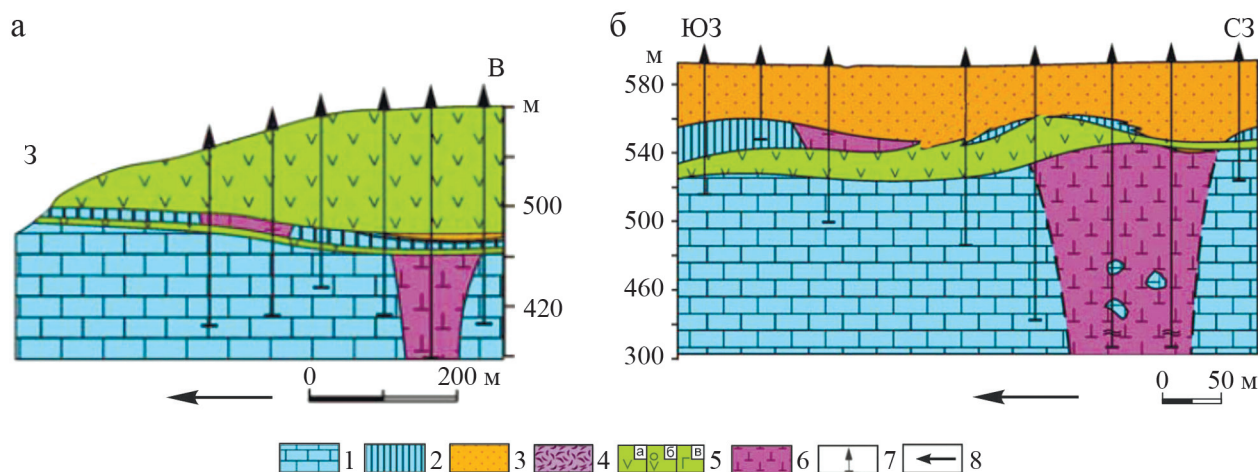


Рис. 2. Схематический разрез трубок Подтрапповая (а) и Алакитская (б) с оторванными верхними блоками, перекрытых траппами I петрохимического типа.

Все использованные в работе рисунки построены по результатам геолого-съемочных работ, выполненных геологическими подразделениями Объединения “Якуталмаз”. Часть из них взята из работ (Никулин и др., 2001; Коробков и др., 2013; Костровицкий и др., 2015) с внесением изменений и дополнений, полученных по результатам изучения разрезов в стенках производственных карьеров.

1 – нижнепалеозойские терригенно-карбонатные отложения; 2 – перемещенные блоки нижнепалеозойских пород; 3 – пермские терригенные отложения; 4 – триасовые туфовые образования; 5 – траппы: а – I петрохимический тип, б – II петрохимический тип, в – III петрохимический тип; 6 – кимберлиты; 7 – скважины; 8 – предполагаемое направление внедрения базитовой магмы.

Fig. 2. Schematic section of the pipes Podtrappovaya (a) and Alakitskaya (b) with the upper blocks torn off, blocked by traps of the I petrochemical type.

All the drawings used in the work are based on the results of geological survey work carried out by the geological divisions of the Association “Yakutalmaz”. Some of them are taken from the works (Nikulin et al., 2001; Korobkov et al., 2013; Kostrovitskii et al., 2015) with the introduction of changes and additions obtained from the results of the study of sections in the walls of production pits.

1 – Lower Paleozoic terrigenous-carbonate deposits; 2 – displaced blocks of Lower Paleozoic rocks; 3 – Permian terrigenous deposits; 4 – Triassic tuff formations; 5 – traps: a – I petrochemical type, б – II petrochemical type, в – III petrochemical type; 6 – kimberlites; 7 – wells; 8 – expected the direction of the introduction of basitic magma.

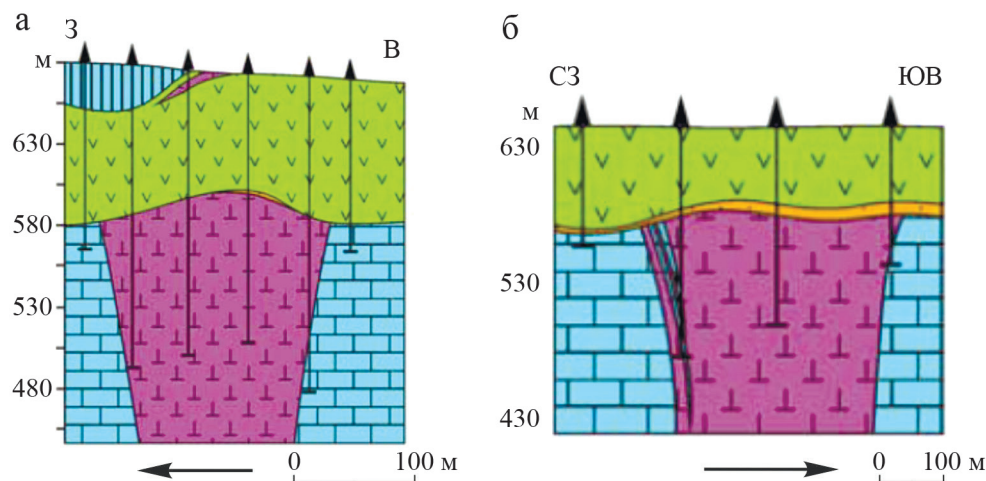


Рис. 3. Схематический разрез трубок Чукука (а) и им. Соболева (б), перекрытых траппами I петрохимического типа.

Условные обозначения – см. рис. 2. Наиболее чутко реагируют на кимберлиты и околотрубочные вмещающие породы траппы II петрохимического типа. Данные интрузивы выполнены менее подвижной, относительно более вязкой магмой, прошедшей глубинную стадию раскристаллизации, о чем в долеритах свидетельствуют протокристаллы основных породообразующих минералов, прежде всего плагиоклаза.

Fig. 3. Schematic section of the pipes Chukuka (a) and imeni Sobolev (b), blocked by traps of the I petrochemical type.

Symbols – see Fig. 2. Traps of the second petrochemical type react most sensitively to kimberlites and near-tube enclosing rocks. These intrusions are made by less mobile, relatively more viscous magma that has passed the deep stage of crystallization, as evidenced in dolerites by protocrytals of the main rock-forming minerals, primarily plagioclase.

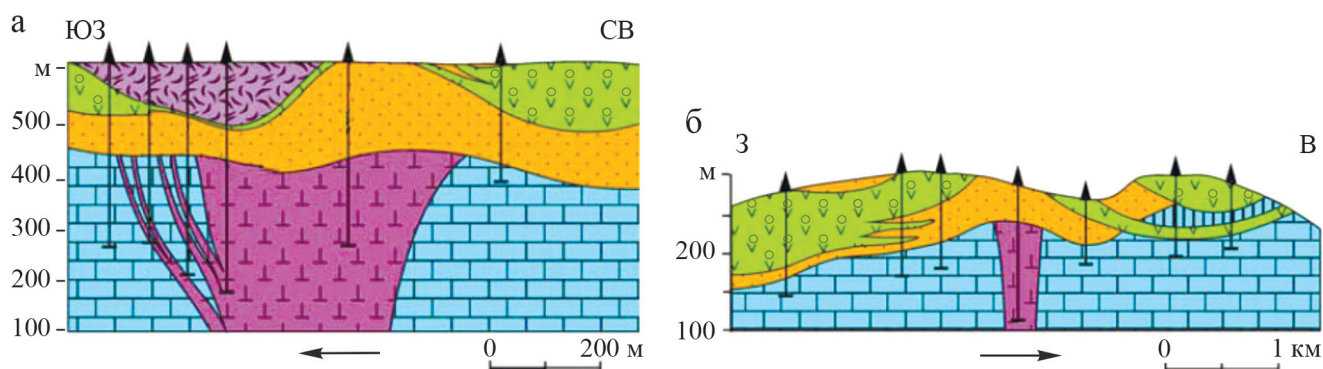


Рис. 4. Схематический разрез трубок Кыллахская (а) и Восток (б). Безтрапповые “окна” вокруг кимберлитов.

Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 4. Schematic section of the pipes Kyllakhskaya (a) and Vostok (b). Trappless “windows” around kimberlites.

Symbols – see Fig. 2.

вышенной объемной плотности, достигающей $30 \pm 50 \text{ кг/м}^3$. Перед диатремами данные интрузивы резко меняют свое горизонтальное залегание, задираются кверху, могут сминаться, приобретать волнообразное строение. Примером таких объектов являются трубки Краснопресненская, Структурная (рис. 7), Комсомольская (рис. 8) и др.

Описанное выше поведение трапповых силлов характерно не только для Далдыно-Алакитского

района. Наглядный пример этому – Сюльдюкарское кимберлитовое поле (левобережье среднего течения р. Вилюй). Здесь пластовая интрузия траппов вблизи кимберлитов резко увеличивает свою мощность, образует крутой вал с запрокидывающимся гребнем (рис. 9). То же самое удалось наблюдать в пределах Оленекского поднятия на примере Сектеяского интрузива. На всем своем 80-километровом протяжении трапповый интрузив име-

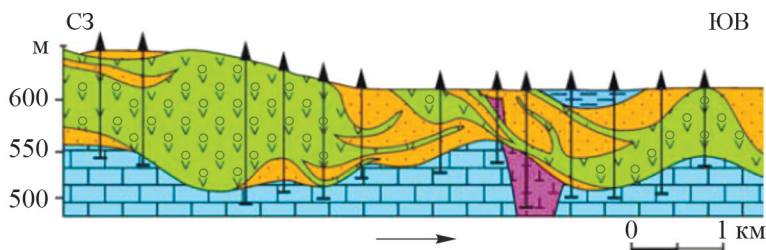


Рис. 5. Схематический разрез трубки Юбилейная. Сложное поведение траппов вблизи диатремы.
Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 5. Schematic section of the pipe Jubilee. The complex behavior of traps near the diatreme.
Symbols – see Fig. 2.

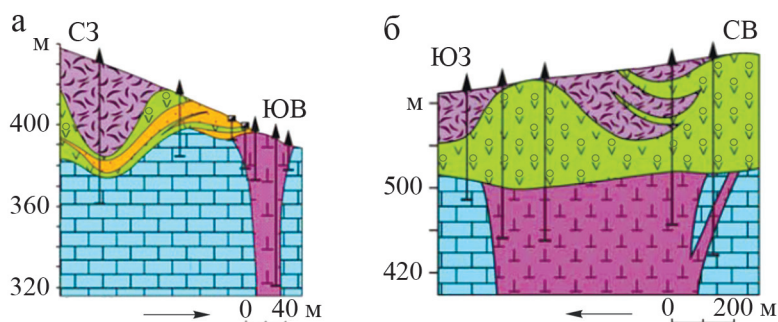


Рис. 6. Туфы в околотрубном пространстве (трубка Кисмет) (а) и перекрывающие кимберлиты (трубка Заря) (б).
Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 6. Tuffs in the near-tube space (pipe Kismet) (a) and overlapping kimberlites (pipe Zarya) (б).
Symbols – see Fig. 2.

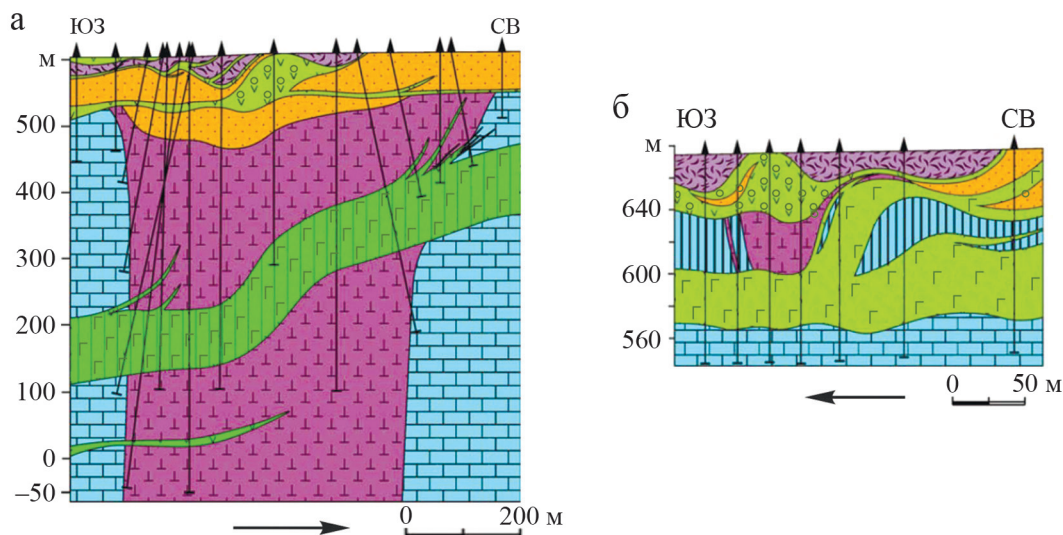


Рис. 7. Поведение траппов вблизи кимберлитов. Схематический разрез трубки Краснопресненская (а), блока Отторженец трубки Структурная (б).

Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 7. Trap behavior near kimberlites. Schematic section of the pipe Krasnopresnenskaya (а), block Ottorzhenets of the pipe Structural (б).

Symbols – see Fig. 2.

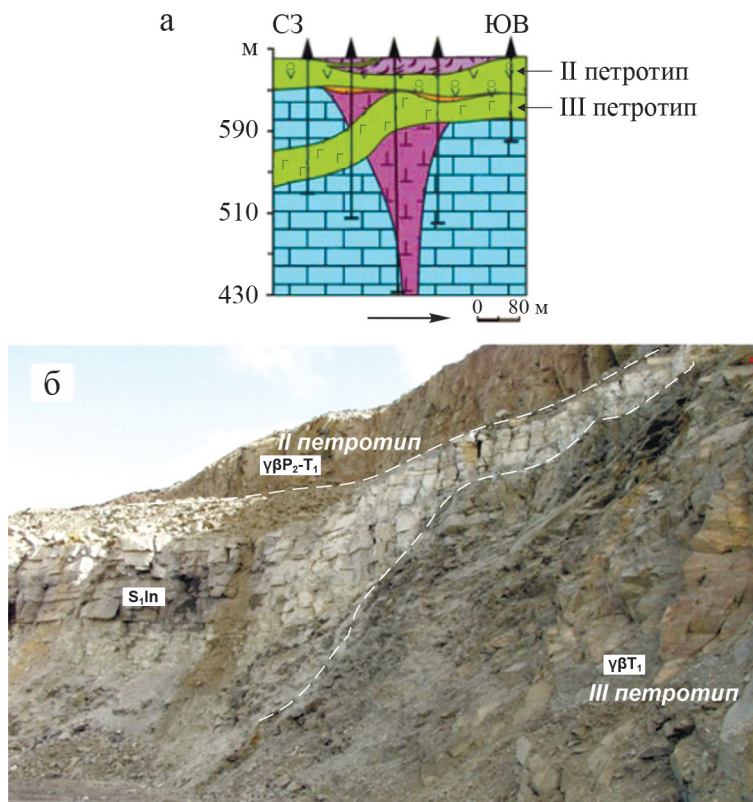


Рис. 8. Схематический разрез трубки Комсомольская (а) и взаимоотношение трапповых силлов I и II петрохимических типов (борт карьера трубки Комсомольская) (б; по (Константинов и др., 2014)).

Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 8. Schematic section of the pipe Komsomolskaya (a) and relationship of trap sills of the I and II petrochemical types (side of the quarry of the pipe Komsomolskaya) (б; according to (Konstantinov et al., 2014)).

Symbols – see Fig. 2.

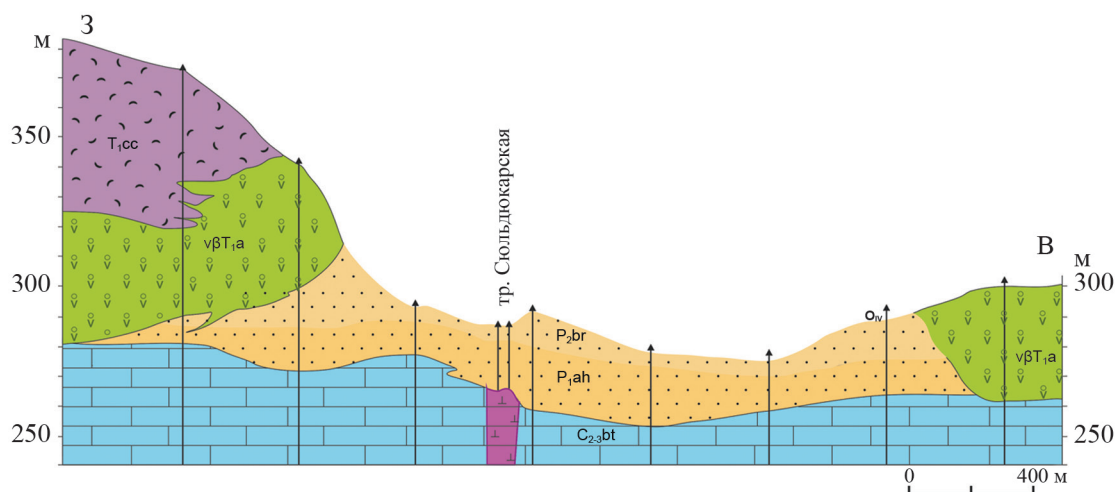


Рис. 9. Схематический геологический разрез трубки Сюльдюкарская. Резко выклинивающийся силл долеритов вблизи кимберлитов.

Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 9. Schematic geological section of the pipe Syuldyukarskaya. Sharply wedging dolerite sill near kimberlites.

Symbols – see Fig. 2.

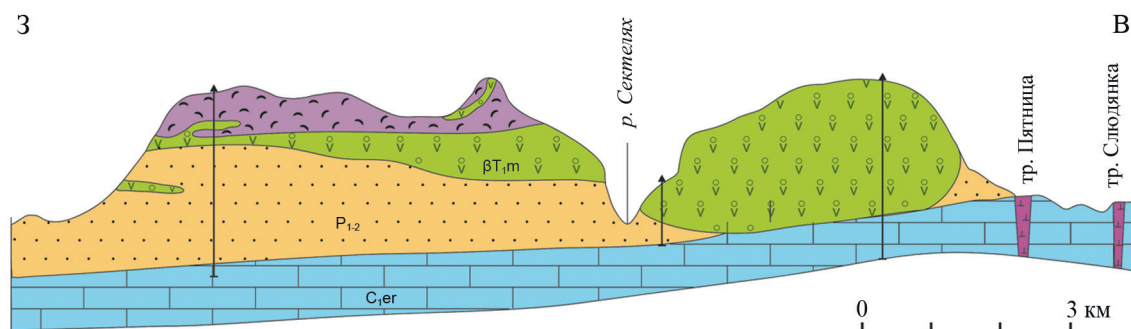


Рис. 10. Схематический геологический разрез через Сектеляхский трапповый силл на границе с Куойским кимберлитовым полем

Условные обозначения – см. рис. 2.

Fig. 10. Schematic geological section through the Sektelyakh trap sill on the border with the Kuoik kimberlite field.

Symbols – see Fig. 2.

ет практически горизонтальное залегание, согласное с вмещающими пермскими песчаниками, и слабоменяющуюся мощность – в пределах 25–30 м (рис. 10).

На границе с Куойским кимберлитовым полем, объединяющим 45 кимберлитовых тел, интрузивное тело тупо выклинивается, образуя валообразное увеличение мощности от 80 до 140 м. В тылу вала располагается 20–40-метровая по мощности и до 1 км по ширине полоса насыпных туфов основного состава. Как Сюльдюкарский, так и Сектеляхский интрузивы соответствуют траппам II петрохимического типа. Таким образом, из приведенной выше информации видно, что только интрузивы II и III петрохимических типов достаточно чутко реагируют на околокимберлитовые вмещающие их породы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство исследователей, занимающихся вопросом формирования кимберлитовых трубок, связывают процесс их образования с взрывным явлением, объясняя его как прорыв земной коры флюидонасыщенной кимберлитовой магмой, находящейся под большим давлением (Жабин, Сурина, 1970; Костровицкий, 1976; Некрасов, Горбачёв, 1978; Никишов, 1984; Милашев, 1984; Kurszlaukis, Lorenz, 2020). Только кимберлитовая магма, представляющая собой диспергированный миксофлюидит, могла поставлять газовую фазу, сыгравшую решающее значение при внедрении кимберлитов. С.И. Костровицкий и К.Н. Никишов понимают под внедрением кимберлитов серию пульсационных мигрирующих к поверхности взрывов. Взрывное явление при формировании кимберлитов представляет собой, по (Николаев, Доливо-Добровольский, 1961; Mpho Ndebele, 2020), процесс образования

газовой фазы во всем объеме расплава и бурное ее отделение.

Давление в магме резко возрастает, достигает критических значений, и, когда начинает превышать статическое давление толщи вмещающих пород, происходит обрушение последних и образование камеры для внедрения последующего объема кимберлитовой магмы, и т. д. Именно в результате серии пульсационных взрывов, перемещающихся вверх, образуется канал для поступления кимберлитовой магмы, происходит уплотнение пород в околотрубочном пространстве, возникновение в них полей термоупругих напряжений, подобных тем, что возникают в результате подземного ядерного взрыва (Костровицкий, 1976, с. 191). Еще одной из причин изменения плотностных характеристик вмещающих кимберлиты пород, по данным В.И. Никулина с соавторами (2001, с. 197), могут быть процессы, связанные с “серпентинизацией и бруситизацией кимберлитов, приводящие к увеличению объема кимберлитов на 10–20%”. Так или иначе эти или иные, не названные здесь причины, возникающие при формировании диаграма, приводят к созданию вокруг них более плотных упругих пород, слабопроницаемых для вязких толеитовых магм, отвечающих траппам II и III петрохимических типов.

Во время внедрения такие магмы вблизи кимберлитов как бы упираются в стену, происходит накопление объема магмы, приводящее к увеличению мощности интрузий. Магма может огибать диаграму, образуя “внутритрапповые окна”. Довольно часто внедряющийся магматический клин начинает сминаться или расщепляться на маломощные инъекции. При малоглубинной интрузии магмы часть ее может вырываться на поверхность, образуя лавоток и выбросы вулканического материала, формировавшего насыпные туфовые отложения.

Таким образом, совершенно очевидно, что морфологический облик трапповых силлов вблизи кимберлитов формируется во время внедрения базитового расплава и обусловлен плотностными и термоупругими характеристиками кимберлитовмещающих пород и вязкостными свойствами внедряющейся магмы. Вместе с тем авторы настоящей статьи не отрицают возможность образования “трапповых окон” и за счет “мульд проседания”, как это предполагалось ранее (Крючков и др., 1991; Никулин и др., 2001). Без учета изложенного выше трудно было понять, почему в одном случае траппы перекрывают диатремы и в них над кимберлитами образуются “трапповые окна”, в других – они срезают и перемещают блоки кимберлитов, а в иных – реагируют на кимберлиты и околотрубочное пространство как на труднопреодолимое препятствие. Все это нужно учитывать при проведении поисковых работ на кимберлиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Формирование кимберлитовых диатрем сопровождается существенным уплотнением вмещающих их осадочных пород, приобретающих термоупругое напряжение, что создает вблизи кимберлитов зоны, труднопроницаемые для внедряющейся вязкой базитовой магмы.

2. Базитовые магмы, прошедшие ранее глубинное фракционирование за счет протокристаллических фаз, становятся более вязкими; при внедрении они чутко реагируют на околотрубочные вмещающие породы, образуя раздувы мощности в силлах. В тех случаях, когда внедряется более раскристаллизованный расплав, который к тому же обладает относительно повышенной объемной плотностью (III петротип), формируются смятые тела волнообразной формы, интрузивы могут “перепрыгивать” через диатремы.

3. При проведении поисковых работ на кимберлиты на закрытых траппами территориях при сплошном разбурировании площадей необходимо учитывать морфологию трапповых интрузивов, чтобы использовать выявленные изменения формы тел как один из косвенных поисковых признаков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горнштейн Д.К., Мокшанцев К.Б., Петров А.Ф. (1976) Разломы восточной части Сибирской платформы. *Разломная тектоника территории ЯАССР*. Якутск: Изд-во ЯФАН, 10-63.
- Жабин А.Г., Сурина Н.П. (1970) Петрология даек, силлов и трубок взрыва Маймеча-Котуйской провинции. М.: Наука, 204 с.
- Константинов К.М., Мишенин С.Г., Томшин М.Д., Корнилова В.П., Ковальчук О.Е. (2014) Петромагнитные неоднородности пермо-триасовых траппов Далдыно-Алакитского алмазоносного района (Западная Якутия). *Литосфера*, (2), 17-98.
- Копылова А.Г., Томшин М.Д. (2011) Геохимия траппов восточной части Тунгусской синеклизы. *Отчет. геология*, (5), 80-88.
- Коробков И.Г., Евстратов Л.А., Мильштейн Е.Д. (2013) Базитовые вулканоструктуры алмазоносных районов восточного борта Тунгусской синеклизы. Томск, 270 с.
- Костровицкий С.И. (1976) Физические условия, гидравлика и кинетика заполнения кимберлитовых трубок. Новосибирск: Наука, 96 с.
- Костровицкий С.И., Специс З.В., Яковлев Д.А., Фон-дер-Флаасс Г.С., Суворова Л.И., Богуш И.Н. (2015) Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Мирный: МГТ, 480 с.
- Крючков Л.И., Никулин В.И., Красинец С.С., Лелюх М.И., Любименко В.Ф., Сомов С.В., Фон-дер-Флаасс Г.С. (1991) Условия локализации и особенности строения кимберлитового тела в Айхальском районе. *Геология и геофизика*, (5), 61-69.
- Кутолин В.А. (1972) Проблемы петрохимии и петрологии базитов. Новосибирск: Наука, 208 с.
- Макаров А.С. (1986) Дифференцированные траппы P_2 - T_1 возраста в Алакит-Мархинском кимберлитовом поле. *Докл. АН СССР*, **290**(4), 940-944.
- Милашев В.А. (1984) Трубки взрыва. Л.: Недра, 268.
- Некрасов И.Я., Горбачёв Н.С. (1978) О возможном механизме образования кимберлитов. *Докл. АН СССР*, **240**(1), 181-184.
- Никишов К.Н. (1984) Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса. М.: Наука, 213 с.
- Николаев В.А., Доливо-Добровольский В.В. (1961) Основы теории процессов магматизма и метаморфизма. М.: Госгеолтехиздат, 338.
- Никулин В.И., Лелюх М.И., Фон-дер-Флаасс Г.С. (2001) Алмазопрогностика. Иркутск, 317 с.
- Олейников Б.В., Саввинов В.Т., Погудина М.А. (1973) Основные типы трапповых интрузивов среднепалеозойской и верхнепалеозойской–нижнемезозойской трапповых формаций зоны сочленения Тунгусской и Вилюйской синеклиз. *Геология и геохимия базитов восточной части Сибирской платформы*. М., 4-75.
- Томшин М.Д., Васильева А.Е., Копылова А.Г. (2021) Траппы Сибири – продолжительность магматических событий. *Петрология и геодинамика геологических процессов*. Иркутск, 161-164.
- Томшин М.Д., Копылова А.Г., Тянь О.А. (2005) Петрохимическое разнообразие траппов восточной периферии Тунгусской синеклизы. *Геология и геофизика*, **46**(1), 72-82.
- Томшин М.Д., Лелюх М.И., Мишенин С.Г., Сунцова С.П., Копылова А.Г., Убинин С.Г. (2001) Схема развития траппового магматизма восточного борта Тунгусской синеклизы. *Отчет. геология*, (5), 19-24.
- Kurszlaukis S., Lorenz V. (2000) Volcanology of the kimberlitic Gibeon Volcanic Field, southern Namibia. *Com-muns Geol. Surv. Namibia*, **12**, 403-409.
- Mpho Ndebele. (2020) Internal geology and emplacement processes of Kimberlites, Case Study from the Tsaabong Kimberlite Field, Botswana. Geosciences, master's level (120 credits), 66 p.

REFERENCES

- Gornshstein D.K., Mokshantsev K.B., Petrov A.F. (1976) Faults of the eastern part of the Siberian platform. Fault tectonics of the YAASSR territory. Yakutsk, YaFAN Publishing House, 10-63. (In Russ.)
- Konstantinov K.M., Mishenin S.G., Tomshin M.D., Kornilova V.P., Koval'chuk O.E. (2014) Petromagnetic inhomogeneities of Permo-Triassic traps of the Daldino-Alakit diamond-bearing region (Western Yakutia). *Lithosphere Russia*, (2), 17-98. (In Russ.)
- Kopylova A.G., Tomshin M.D. (2011) Geochemistry of traps in the eastern part of the Tunguska syncline. *Otech. Geologiya*, (5), 80-88. (In Russ.)
- Korobkov I.G., Evstratov L.A., Mil'shtein E.D. (2013) Basite volcano structures of diamond-bearing areas of the eastern side of the Tunguska syncline. Tomsk, 270 p. (In Russ.)
- Kostrovitskii S.I. (1976) Physical conditions, hydraulics and kinetics of filling kimberlite pipes. Novosibirsk, Nauka Publ., 96 p. (In Russ.)
- Kostrovitskii S.I., Spetsius Z.V., Yakovlev D.A., Fon-der-Flaass G.S., Suvorova L.I., Bogush I.N. (2015) Atlas of primary diamond deposits of the Yakut kimberlite province. Mirny, MGT Publ., 480 p.
- Kryuchkov L.I., Nikulin V.I., Krasinets S.S., Lelyukh M.I., Lyubimenko V.F., Somov S.V., Fon-der-Flaass G.S. (1991) Localization conditions and structural features of the kimberlite body in the Aikhal district. *Geol. Geofiz.*, (5), 61-69. (In Russ.)
- Kurszlauskis S., Lorenz V. (2000) Volcanology of the kimberlitic Gibeon Volcanic Field, southern Namibia. *Com-muns Geol. Surv. Namibia*, **12**, 403-409.
- Kutolin V.A. (1972) Problems of petrochemistry and petrology of basites. Novosibirsk, Nauka Publ., 208. (In Russ.)
- Makarov A.S. (1986) Differentiated traps of P₂-T₁ age in the Alakit-Markha kimberlite field. *Dokl. AN SSSR*, **290**(4), 940-944. (In Russ.)
- Milashev V.A. (1984) Explosion tubes. Leningrad, Nedra Publ., 268 p. (In Russ.)
- Mpho Ndebele. (2020) Internal geology and emplacement processes of Kimberlites, Case Study from the Tsabong Kimberlite Field, Botswana. Geosciences, master's level (120 credits), 66 p.
- Nekrasov I.Ya., Gorbachev N.S. (1978) On the possible mechanism of kimberlite formation. *Dokl. AN SSSR*, **240**(1), 181-184. (In Russ.)
- Nikishov K.N. (1984) Petrological-mineralogical model of the kimberlite process. Moscow, Nauka Publ., 213. (In Russ.)
- Nikolaev V.A., Dolivo-Dobrovolskii V.V. (1961) Fundamentals of the theory of magmatism and metamorphism processes. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 338 p. (In Russ.)
- Nikulin V.I., Lelyukh M.I., Fon-der-Flaass G.S. (2001) Diamond Prognostics. Irkutsk, 317 p. (In Russ.)
- Oleinikov B.V., Savvinov V.T., Pogudina M.A. (1973) The main types of trap intrusions of the Middle Paleozoic and Upper Paleozoic-Lower Mesozoic trap formations of the junction zone of the Tunguska and Vilyui synclines. *Geology and geochemistry of the basites of the eastern part of the Siberian platform*. Moscow, 4-75. (In Russ.)
- Tomshin M.D., Kopylova A.G., Tyan O.A. (2005) Petrochemical diversity of traps in the eastern periphery of the Tunguska syncline. *Geol. Geofiz.*, **46**(1), 72-82. (In Russ.)
- Tomshin M.D., Lelyukh M.I., Mishenin S.G., Suntsova S.P., Kopylova A.G., Ubinin S.G. (2001) Scheme of development of trap magmatism of the eastern side of the Tunguska syncline. *Otech. Geologiya*, (5), 19-24. (In Russ.)
- Tomshin M.D., Vasil'eva A.E., Kopylova A.G. (2021) Traps of Siberia – duration of magmatic events. *Petrology and geodynamics of geological processes*. Irkutsk, 161-164. (In Russ.)
- Zhabin A.G., Surina N.P. (1970) Petrology of dykes, sills and explosion tubes of the Maymech-Kotuy province. Moscow, Nauka Publ., 204. (In Russ.)