

# Перспективы обнаружения месторождений алмазов на Кавказе

Б.Р. Кусов<sup>1\*</sup>, К.В. Давыдов<sup>2\*</sup>, Л.Н. Невский<sup>3\*</sup>,

А.Б. Дзайнуков<sup>4\*</sup>, Ц.Х.-М. Бритаев<sup>5\*</sup>

В процессе научного познания окружающей среды в любой момент наиболее конструктивной и перспективной является та гипотеза, которая внутренне не противоречива и объясняет все или наибольшее количество фактов, относящихся к предмету исследования. Рассмотрение с этих позиций гипотезы генезиса природных алмазов и, как следствие, принципов выделения перспективных на алмазы территорий, показывает несостоятельность существующей гипотезы глубинного (мантийного) образования алмазов, встречаемых в магматических аппаратах [11].

Считается, что существует четыре геолого-генетических типа коренных месторождений алмазов: кимберлитовый, лампроитовый, динамо-метаморфогенный и ударно-метаморфогенный. Алмазы месторождений первых двух типов образовались в мантии на глубине 200–250 км и относятся к мантийным, а алмазы третьего и четвертого типов месторождений возникли в условиях земной коры и относятся к коровым [15]. С этим согласны почти все исследователи. Лишь некоторые [4] считают, что алмазы в осадочно-метаморфических породах зерендинской серии Кокчетавского массива (Барчиколь, Кумколь – северный Казахстан, которые большинство исследователей считают динамо-метаморфогенными месторождениями) тоже образовались в мантии, поскольку, по их мнению, в венде-раннем кембрии эти породы погрузились на глубину 150–200 км, а в последующем были выведены на уровень верхних слоев земной коры.

Что касается конкретных условий кристаллизации (генезиса) самих алмазов, то здесь тоже существует несколько мнений. Одни [15] обосновывают ксеногенную природу алмаза в кимберлитах и лампроитах и считают, что материнскими породами этого минерала являются гранатовые перидотиты и эклогиты алмаз-хром-пироповой фации глубинности, а магматические расплавы в виде

кимберлитов и лампроитов играют роль транспортеров, выносящих алмазы и другие продукты дезинтеграции мантийных пород в верхние слои земной коры. Другие [5], изучая алмазоносные породы зерендинской серии Кокчетавского массива, вслед за Е.И. Воробьевым признают гранат алмазогенерирующим минералом.

Иного мнения придерживается В.С. Шкодзинский [18], он считает, что алмазы кристаллизовались в процессе остывания перидотитового слоя магматического океана, состав и термобарические параметры которого во многом определили особенности алмазов (количество, габитус, состав минералов-узников и т. д.) в кимберлитовых и лампроитовых трубках.

То есть утверждение: «Несмотря на громадный объем накопленного фактического материала, ясность в проблеме происхождения природных алмазов до сих пор отсутствует» [1, стр. 4] – и сегодня остается в силе.

Из этих гипотез вытекают различные практические следствия, имеющие принципиальное значение при поисках коренных месторождений алмаза. Если в соответствии с первой гипотезой кимберлиты и лампроиты рассматривать всего лишь как транспортер, то в качестве перспективных на алмазы надо рассматривать любые магматические аппараты.

Сторонники каждой гипотезы наравне с обоснованием своей версии приводят факты, которые не объясняются другой стороной. Например, В.С. Шкодзинский [18, стр. 153], возражая мнению о ксеногенной природе алмаза в кимберлитах и лампроитах, рассуждает так: «... трудно объяснить формирование алмаза в бедных углеродом мантийных перидотитах и эклогитах, а не в богатых им (в виде углекислоты) кимберлитовых магмах», – и далее указывает на то, что алмаз в существенных количествах выносится не любыми магмами, как должно быть в случае его ксе-

<sup>1\*</sup> Кусов Б.Р. – ведущий инженер СКО ИГЕМ РАН, к. г.-м. н.

<sup>2\*</sup> Давыдов К.В. – руководитель производственной геологической службы ОАО «Севосгеологоразведка», к. г.-м. н.

<sup>3\*</sup> Невский Л.Н. – с. н. с. лаборатории геофизики и сейсмометрии центра геофизических исследований ВНЦ РАН и Правительства РСО-А.

<sup>4\*</sup> Дзайнуков А.Б. – руководитель СКО ИГЕМ РАН, к. г.-м. н.

<sup>5\*</sup> Бритаев Ц.Х.-М. – главный геолог ООО «Алания-Ойл».

ногенности, а только богатыми углекислотой кимберлитовыми и, иногда, лампроитовыми. Здесь необходимо заметить, что если бы алмазы образовывались из углерода углекислоты, которой якобы богата кимберлитовая магма, то алмазоносными были бы все кимберлитовые трубки, а не одна из ста трубок, как по статистике [16].

Другие исследователи [10] установили, что цирконы из алмазоносных россыпей и перспективных участков Пермской (Красновишерский район), Свердловской (Карпинский, Висимский районы), Челябинской областей и республики Башкортостан обладают специфическими спектроскопическими свойствами, указывающими на различные коренные источники, но ни в одной не обнаружено цирконов кимберлитового типа. На этом основании они считают, что кимберлитовое ограничение на поиски коренных источников алмазов на Урале должно быть снято в пользу других источников.

Наряду с большим количеством таких фактов и доводов, по справедливому замечанию [12], проблема источника углерода традиционно занимает значительное место в существующих моделях мантийного алмазообразования. Вопрос источника вещества для образования алмаза, как и для любого полезного ископаемого, является ключевой проблемой, и решение ее может ответить на многие вопросы и объяснить все или почти все факты, касающиеся генезиса алмаза и формирования его коренных месторождений. Кроме того, решение этой проблемы может вывести на совершенно новый уровень методiku прогноза и поисков месторождений алмазов со значительным расширением перспективных территорий, причем не только в пределах древних стабильных платформ. Рассмотрим эту проблему и связанные с ней вопросы более подробно.

Известно, что графит и алмаз имеют одну и ту же химическую формулу – С (углерод) и отличаются друг от друга только структурой кристаллической решетки. Поскольку генетически непосредственным предшественником алмаза является графит (углерод) [6, 9, 19, 20], а не любое углеродсодержащее вещество, целесообразно рассмотреть процесс искусственного получения графита и алмаза. Богатый фактический материал по этим вопросам содержится в упомянутых работах. Установлено [9], что углеродсодержащие вещества по структурным особенностям делятся на два класса: графитирующиеся и неграфитирующиеся. Класс графитирующихся составляют углеводороды и вещества, получаемые при их метаморфизме (битум, ископаемые угли, антрацит, шунгит и др.). При термической обработке в графитирующихся веществах наблюдается уменьшение дефектности кристаллической структуры уже при температуре 1200°С и отчетливо выражается при температуре 1600–

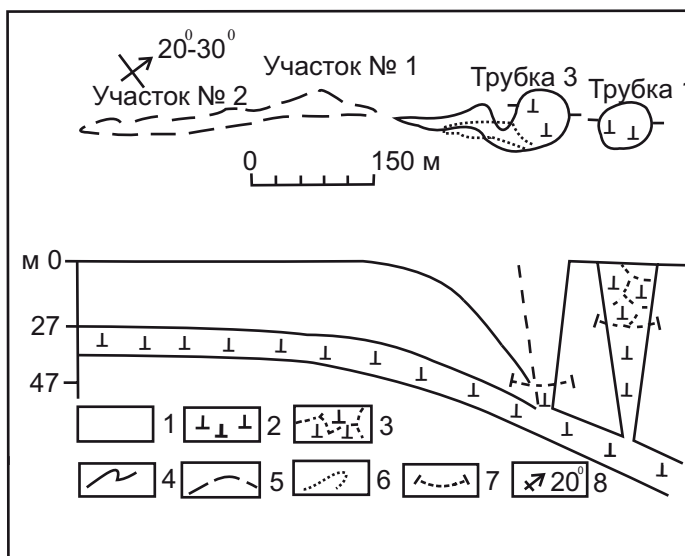


Рис. 1. План и разрез рудника Робертс-Виктор (по Вагнеру и Мелвиллу) [17]

1 – вмещающие породы; 2–3 – кимберлиты: 2 – массивные, 3 – брекчированные; 4–7 – границы: 4 – трубок (на плане), 5 – карьеров (на плане), 6 – трубки № 3 на глубине, 7 – распространения кимберлитовых брекчий; 8 – элементы залегания

1800°С. При дальнейшем повышении температуры происходит прогрессивное образование графитовой структуры. Перед началом трехмерного упорядочения межслоевое расстояние составляет 0,344 нм, которое в процессе термической обработки изменяется в относительно широких пределах: 0,344–0,336 нм. В неграфитирующихся веществах не наблюдается полного трехмерного порядка даже при нагревании в течение длительного времени при температуре 3 000°С. В процессе обработки вещества, способные графитироваться, образуют графитовую структуру и приобретают свойства, близкие к свойствам естественного графита. Таким способом удастся получить графит из широкого класса графитирующихся углеродных материалов. Термообработка при давлении значительно увеличивает скорость графитации. При этом она происходит при более низких температурах. Длительность термообработки также способствует графитации при более низких температурах, как при вакууме, так и при давлении. Лабораторные исследования по получению искусственных алмазов и изучение различных параметров коренных месторождений говорят о таком же широком диапазоне параметров среды алмазообразования в природе.

Графит, в отличие от всех других минералов – спутников алмаза – единственный минерал, сопровождающий алмаз в любых генетических типах коренных месторождений. Более того, в кимберлитовых и лампроитовых трубках взрыва, в динамо- и ударно-метаморфогенных породах алмазы отсутствуют, если в них нет графита (углерода). Причем, при прочих равных услови-

ях, наблюдается прямая корреляция между содержанием углерода в породах и их алмазоносностью. А то, что в пределах трубки взрыва или другого типа коренного месторождения алмаза весь углерод полностью никогда не превращается в алмазы, говорит о том, что термобарические условия, необходимые для превращения углерода в алмаз, проявляются резко дифференцированно в пространстве, а в некоторых случаях – и во времени. Например, следствием дифференцированного и разновременного воздействия различных термобарических условий на породы являются более высокая термическая корродированность алмазов на поверхности ксенолитов эклогитов, чем внутри них, в трубке Орапа (Ботсвана) и совместное нахождение в некоторых эклогитах трубки Удачная графита и алмазов [2, 16]. По-видимому, алмазоносные ксенолиты эклогитов в трубке Орапа уже после образования в них алмазов подверглись кратковременному воздействию температур, превышающих область термодинамической устойчивости алмаза, что и привело к коррозии алмазов, расположенных на поверхности ксенолитов, а внутри них алмазы сохранились без коррозии.

Если бы алмазы в трубках взрыва кристаллизовывались в мантии на глубине 150–200 км, то в алмазы должен был превратиться весь углерод в кимберлитах или лампроитах, но такие факты пока не замечены.

Факты, неоспоримо доказывающие отсутствие генетической связи алмазоносности кимберлитовых трубок с кимберлитовой магмой, приводятся в работе [17]. На руднике Робертс-Виктор (Южная Африка) установлено, что в породы рудного поля по трещине внедрилась маломощная кимберлитовая дайка, с висячего крыла которой по оперяющим разломам вверх образовались две трубки взрыва (рис. 1). Верхние части трубок заполнены брекчированными кимберлитами, нижние – не брекчированными, «свежими». В процессе обработки трубок установлено, что брекчированные кимберлиты богаты алмазами, а «свежие» алмазов не содержат. Кимберлитовая дайка, вскрытая двумя карьерами, тоже оказалась без алмазов. К сожалению, в упомянутой работе не приводятся сведения о составе пород в верхних (брекчированных) частях трубок, о количестве ксенолитов осадочных пород в них, но совершенно ясно, что алмазоносной является только та часть кимберлитовой трубки, в которой присутствуют ксенолиты осадочных пород, что алмазы привнесены в трубку не кимберлитовой магмой, а попали в нее с осадочными породами.

С точки зрения глубинного генезиса алмазов в трубках взрыва не объясняются и факты резкого отличия соседних трубок, близко расположенных и имеющих общие корни по алмазоносности, когда одни трубки полностью лишены алмазов, а в других алмаз является порообразующим минералом, как, например, в Якутской алмазоносной провинции [16]. Такое явление характерно для всех ал-

мазоносных провинций мира и находит свое объяснение только с учетом наличия или отсутствия углерода в породах верхних слоев земной коры, прорванных магматическими аппаратами. Если породы (в основном осадочного происхождения), которые подвергались воздействию высоких температур и давлений в результате магматических или других (динамо- и ударно-метаморфогенных) процессов, содержали углерод, то в них будут алмазы. При отсутствии в породах углерода в них не будет и алмазов.

Рассмотрение с этих позиций особенностей строения, истории развития и других характеристик Большого Кавказа приводит к выводу о его перспективности на алмазы. Здесь имеются все необходимые условия для образования алмазов, как в магматических аппаратах, так и в породах, испытавших динамометаморфизм. Верхние слои земной коры региона отличаются высокой насыщенностью углеводородами различной степени метаморфизма – от жидких УВ до графита. Причем графит, антраксолит и ископаемые угли распространены почти на всей территории Большого Кавказа, в том числе и в зоне широкого развития магматизма. Только в пределах Кельского плато, расположенного на высотах более 3000 м южнее четвертичного вулкана Казбек, выявлено несколько десятков очагов четвертичного вулканизма, в том числе 14 трубок взрыва, больше половины из которых находится на территории Республики Южная Осетия, остальные – на территории Грузии [3, 8, 13, 14].

Изучение термобарических условий кристаллизации вкрапленников из вулканитов вблизи Эльбруса, Казбека, Сурх-Крандуха показало, что их температура при образовании менялась от 600 до 1200°С, а давление – от 1 до 1,5 ГПа [7]. Надо полагать, что эти значения не являются максимальными для магматизма вообще в указанных районах Кавказа. Наличие высокотемпературных пород – мигматитов, анатектитов, бластомиолитов, а также эклогитов и гранатовых амфиболитов является подтверждением этому. Кроме того, в вулканогенных породах часто присутствуют гранат, корунд, кордиерит, ставролит, силлиманит, биотит, пироксены, оливин.

Одним из перспективных участков на поиски коренных месторождений алмазов может явиться район Русско-Осетинской геофизической аномалии к северо-востоку от вулкана Казбек, недалеко от населенного пункта Джимара. Здесь двумя скважинами глубиной 180 и 300 м вскрыт разрез углефицированных, участками графитизированных глинистых сланцев, тяготеющих к Царит-Цагатдонскому разлому, являющемуся составной частью крупной, сложно построенной Бурон-Ларской тектонической зоны. В непосредственной близости от этого участка наблюдаются жильные тела диабазов. В целом для всей этой области свойственна широкая насыщенность углеродистым веществом в виде тонкодиспергированных выделений, равномерно пропиты-

вающих матрикс терригенных пород, вплоть до появления самостоятельных минеральных обособлений (конгломератово-графитовый горизонт, Джимаринское месторождение графита).

Второй особенностью рассматриваемой площади является широкое развитие пород основного ряда, формирующих дайковые и штокообразные тела, мощность которых колеблется от первых метров до 100–250 м на отдельных участках. Насыщенность подобными телами неравномерна. Обычно это отдельные тела или небольшие серии жильных тел. Значительно реже ими формируется рой даек, разделенных небольшими участками графитизированных пород, полностью утративших свои первоначальные минерально-текстурные признаки. В составе интрузивных тел основного состава спорадически развиты интрузивные тела апопикритовых серпентинитов. Наряду с интрузивными породами на отдельных участках наблюдаются их эффузивные эквиваленты, формирующие различные по мощности покровы. Среди них иногда наблюдаются изомеричные тела, сложенные остроугольными диабазовыми брекчиями по типу трубок взрыва (плато Мидаграбин). Все это сообщество принадлежит к диабаз-пикритовой ассоциации Казбекского диабазового пояса.

В настоящее время идет чрезвычайно интенсивная денудация Большого Кавказа, и в связи с этим представляется весьма целесообразным проведение поисковых работ на коренные источники алмазов разновозрастных трубок взрыва (юрских – в связи с вулканоплутонической ассоциацией на участках проявления тектономагматической активизации, Сангутидонская трубка взрыва неогенового возраста) и других магматических очагов, проведение тотального шлихо-минералогического опробования всех водотоков, а также некоторых свит, потенциально перспективных на россыпные алмазы. В качестве одной из таких свит можно рассматривать свиту Рухсдзуар (поздний плиоцен), распространенную в западной части Терско-Каспийского передового прогиба. Мощность вулканогенно-осадочных пород свиты составляет более 1000 м. Их образование связывается с мощной вспышкой эксплозивного и частично эффузивного вулканизма в позднем плиоцене (Акчагыл – Апшерон), продукты которого можно наблюдать только в перетолженном виде в свите Рухсдзуар [8]. Проявление этого этапа вулканизма в среде юрских высокоуглеродистых сланцев могло привести к образованию алмазов, которые могут быть встречены в свите Рухсдзуар.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1. Ваганов В.И.** Петрологическая модель алмазообразования // *Руды и металлы*, 1993, № 1–2, с. 4–12.
- 2. Ваганов В.И.** Алмазные месторождения России и мира (Основы прогнозирования). – М.: Геоинформмарк, 2000. 371 с.
- 3. Варданянц Л.А.** Материалы по геохимии Горной Осетии // *Записки Российского минералогического общества*, 1932, № 2, с. 227–258.
- 4. Добрецов Н.Л.** Венд-раннекембрийская геодинамическая эволюция и модель эксгумации пород сверхвысоких и высоких давлений Кокчетавской субдукционно-коллизивной зоны. Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Жимулев Ф.И., Травин А.В., Заячковский А.А. // *Геология и геофизика*, 2006, т. 47, № 4, с. 428–444.
- 5. Зинчук Н.Н.** Тектоника и алмазоносный магматизм. Зинчук Н.Н., Савко А.Д., Шевырев Л.Т. // Воронеж, ВГУ, 2004. 282 с., ил. 178, список литературы 715.
- 6. Каминский Ф.В.** Алмазоносность некимберлитовых изверженных пород. – М., Недра, 1984. 173 с.
- 7. Короновский Н.В.** Эволюция неоген-четвертичных магматических расплавов Кавказа в условиях континентальной коллизии. Короновский Н.В., Демина Л.И. // *Геология и минерально-сырьевая база Северного Кавказа. Материалы 1X международной научно-практической геологической конференции. Статьи и тезисы докладов. ГУПП «Офсет»*. – Ессентуки, 2000. С. 200–208.
- 8. Короновский Н.В.** Позднекайнозойский магматизм Большого Кавказа // Короновский Н.В., Демина Л.И. *Большой Кавказ в альпийскую эпоху*. Под ред. Ю.Г. Леонова. – М.: ГЕОС, 2007. С. 251–284.
- 9. Костилов В.И.** Графитация и алмазообразование. Костилов В.И., Шипков Н.Н., Калашников Я.А., Дымов Б.К., Шевяков В.П., Бубненко И.А. – М.: Металлургия, 1991. 224 с.
- 10. Краснобаев А.А.** Цирконы алмазоносных комплексов Урала и проблема их коренных источников. Краснобаев А.А., Вотьяков С.Л., Левин В.Я., Анфилогов В.Н. // *Литосфера*, 2003, № 3. С. 25–40.
- 11. Кусов Б.Р.** Генезис некоторых углеродсодержащих полезных ископаемых (от метана до алмаза). – Владикавказ: ИПО СОИГСИ, 2010. 164 с.
- 12. Пальянов Ю.Н.** Экспериментальное моделирование мантийных алмазообразующих процессов. Пальянов Ю.Н., Сокол А.Г., Соболев Н.В. // *Геология и геофизика*, 2005, т. 46, № 12, с. 1290–1303.
- 13. Сомин М.Н.** Главные черты строения доальпийского основания Большого Кавказа // *Большой Кавказ в альпийскую эпоху*. Под ред. Ю.Г. Леонова. – М.: ГЕОС, 2007, с. 15–38.
- 14. Тучкова М.И.** Литология ниже-среднеюрских отложений Большого Кавказа // *Большой Кавказ в альпийскую эпоху*. Под ред. Ю.Г. Леонова. – М.: ГЕОС, 2007, с. 141–214.
- 15. Харьков А.Д.** Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. – М.: Недра, 1995. 348 с.: ил.
- 16. Харьков А.Д.** История алмаза. Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Зуев В.М. – М.: Недра, 1997. 601 с.: ил.
- 17. Черкасов Г.Н.** Структурный контроль в распределении проявлений россыпных алмазов в поле Сибирского кратона и алгоритм поиска их коренных источников. Черкасов Г.Н., Сержантова Е.А. // *Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России)*. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005, с. 200–214.
- 18. Шкодзинский В.С.** Генезис кимберлитов и алмаза. – Якутск: Медиа-холдинг «Якутия», 2009. 352 с.
- 19. Шушканова А.В.** Фазовые отношения при плавлении алмазообразующих карбонат-углеродистых сульфидных систем. Шушканова А.В., Литвин Ю.А. // *Геология и геофизика*, 2005, т. 46, № 12, с. 1335–1344.
- 20. Шушканова А.В.** Экспериментальные исследования сульфид-силикат-карбонат-углеродистых систем в связи с проблемой генезиса алмаза // *Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук*. – Москва, МГУ, 2007.