

Постмагматическая гипотеза генезиса нефтидов в кимберлитовых трубках Сибирской платформы

В.С.ЗУБКОВ (Институт геохимии СО РАН)

Конденсированные нефтиды, битумы и нефть, установленные в среднепалеозойских кимберлитовых трубках на востоке Сибирской платформы [2, 22]. Они лучше изучены в алмазонасных трубках Удачная и Мир, находящихся в Далдыно-Алакитском и Мало-Ботуобинском кимберлитовых полях (рис. 1), контролируемых северо-восточными Алакит-Оленёкской и Виллойско-Мархинской зонами скрытых разломов фундамента платформы [4]. В этих полях трубки (диатремы) прорывают субгоризонтально залегающие рифей-ордовикские осадочные породы (преимущественно известняки, доломиты и мергели) мощностью 2,5—3,0 км. Трубки Удачная (750 300 м) и Мир (490 320 м) формировались в несколько фаз внедрения кимберлитовых расплавов, причем, трубка Удачная состоит из двух самостоятельных диатрем, соприкасающихся в верхней части. Вкрапленники в свежих кимберлитах трубки Удачная-Восточная представлены оливином, а основная масса — микролитами магматического кальцита и флогопита. В тяжелой фракции присутствуют оливин, гранат и ильменит. Обычно первичные минералы кимберлитов замещены серпентином, карбонатом и магнетитом. При внедрении кимберлитового расплава захватывались ксенолиты мантийных ультрабазитов, метаморфических пород фундамента и осадочных пород чехла платформы.

Вмещающие преимущественно карбонатные породы и их ксенолиты практически не метаморфизованы, катаклазированы и частично изменены гидротермальными процессами [2, 10]. Слабое воздействие кимберлитового расплава на осадочные породы объясняется его относительно низкой температурой: кристаллизация магматического кальцита и апатита в основной массе породы, судя по гомогенизации расплавных включений, происходила при 700—750 С [23]. Поэтому, как показали теплофизические расчеты [29], на расстоянии 30 м от кимберлитового тела радиусом 150 м и температурой 600 С вмещающие породы прогреваются только до 300 С.

Рассмотрим те свидетельства, которые указывают на генетическую связь конденсированных нефтидов, изменяющихся по химическому и групповому составу от асфальтитов до нефти (табл. 1), с кимберлитовыми трубками взрыва Сибирской платформы.

Битумы обнаружены в ксенолите эклогита [20], первичных флюидных включений (ФВ) в кристаллах граната [3, 20 и др.], оливине, ильмените [20] и др. По химическому составу гранаты с флюидными включениями размером до 200 мкм близки некоторым гранатам из мантийных ксенолитов лерцолитов, вебстеритов и эклогитов, а также двум гранатам из включений в алмазах. При нагревании газовая

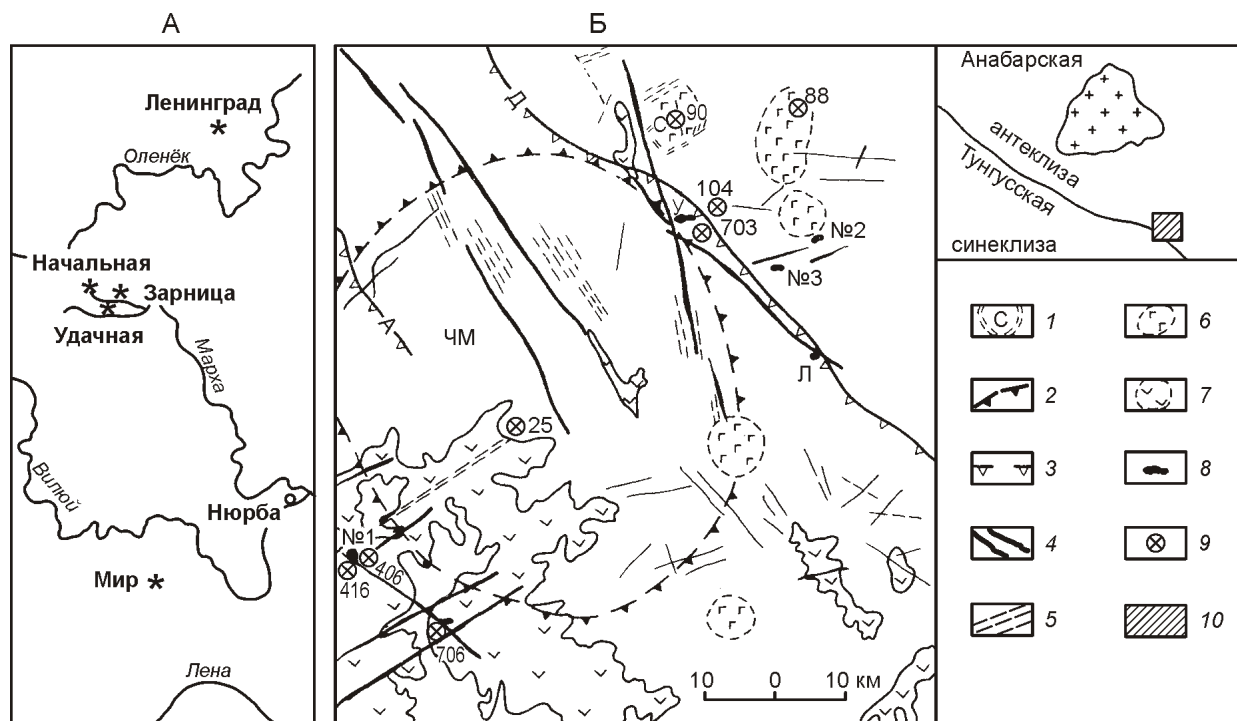


Рис. 1. Расположение некоторых кимберлитовых трубок на востоке Сибирской платформы (А), содержащих нефтепроявления [2], и тектоническая схема Далдыно-Алакитского района (Б). По работе [10] с упрощениями и дополнениями по книге [31]:

1 — Сугуннахский блок; 2 — Чукукско-Мархинское поднятие; 3 — оси флексур: А — Алакитской, Д — Далдынской; 4 — разломы; 5 — зоны трещиноватости; 6 — ультраосновные глубинные интрузии; 7 — поле распространения траппов; 8 — кимберлитовые трубки (У — Удачная, Л — Ленинградская); 9 — скважины; 10 — район работ

1. Состав конденсированных нафтидов в кимберлитовых трубках Сибирской платформы (в %)

| Трубки | Нафтид | Элементный состав | | | | | Групповой состав | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|-------|-------|---------|-----------------|------------------|-------|------------|----------|
| | | С | Н | N | О | S | Масла | Смолы | Асфальтены | Источник |
| <i>Далдыно-Алактское кимберлитовое поле</i> | | | | | | | | | | |
| Удачная | Асфальтит | 78,29 | 9,87 | 10,0 | | 1,84 | Не определялось | | | [2] |
| | Битум | Не определялось | | | | | 52 | 40 | 8 | [29] |
| | Битум | 79,84 | 10,12 | 4,11 | | | 67,75 | 15,21 | 10,12 | [18] |
| | Нефть | Не определялось | | 0,24 | Не опр. | 2,08 | Не определялось | | | [22] |
| | Асфальт из кальцита | 79,76 | 9,36 | 10,88 | | | Не определялось | | | [2] |
| Начальная | Асфальтит | 81,83 | 9,58 | 4,71 | | 3,88 | Не определялось | | | [2] |
| Ленинград | Асфальт | 84,96 | 10,84 | 4,20 | | Не определялось | | | [2] | |
| <i>Мало-Ботубинское кимберлитовое поле</i> | | | | | | | | | | |
| Мир | Хлороформенный битум | 83,46 | 9,98 | Следы | 4,06 | 2,50 | 45,11 | 29,09 | 25,80* | [25] |
| | Озокерит | 85,20 | 13,89 | 0,91 | | | Не определялось | | | [5] |
| | | 84,32 | 13,85 | 0,15 | 1,31 | 0,37 | Не определялось | | | [2] |
| | Битум в карбонатной брекчии | 78,80 | 7,07 | 14,13 | | | 11,91 | 52,62 | 35,44* | [5] |
| | | 84,09 | 14,13 | 1,78 | | | 43,14 | 29,70 | 27,14* | [5] |
| | Мальта с кварцем и пиритом | 85,73 | 11,24 | 0,42 | 0,43 | 2,18 | 51,38 | 36,69 | 12,12 | [2] |

Примечание. * Сумма асфальтенов и асфальтогеновых кислот.

фаза во флюидных включениях растворяется при 320 или 308 С в желтой углеводородной жидкости, а твердая растворяется в ней медленно, и около 350 С флюидные включения вскрываются [3]. Из углеводородов в ксенолите эклогита, минералах-спутниках алмаза — гранате и оливине — установлены полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в т.ч. дифенил (C₁₂H₁₀)-флуореновая (C₁₃H₁₀) ассоциация (табл. 2) [11, 31 и др.]. Ряд таких углеводородов обнаружен в алмазах Якутии [16]. Гипотеза о подкоровом источнике углерода — на основании находок жидких углеводородов в расплавных включениях [27] и ПАУ [21] в оливине и гранате — предложена в работе [6]. Приведенные данные позволяют предположить, что битумы, образовавшиеся из высокомолекулярных (тяжелых) углеводородов ТУВ и ПАУ, имеют мантийное происхождение и были захвачены эклогитами и высокобарическими минералами в процессе их кристаллизации. Этот вывод согласуется с результатами термодинамического моделирования на программном комплексе СЕЛЕКТОР в равновесных условиях системы Н-С-N-О при соотношении этих элементов 12,48:1:3,44:1,78, рассчитанном по составу газов в ксенолите гранатового перидотита из трубки Обнаженная (рис. 2). Оказалось, что газообразные тяжелые алканы и кислородсодержащие ТУВ в смеси с неорганическими газами существуют в РТ-условиях верхней мантии ниже фазового перехода графит—алмаз. Введение в данную систему избытка углерода (см. рис. 2, модель II), с

одной стороны, расширяет поле ТУВ и их производных, а с другой — приводит к резкому увеличению количества ПАУ в зоне перехода от верхней к нижней мантии, среди которых преобладает образующийся при высоких температурах дифенил [14].

Следующим аргументом генетической связи конденсированных нафтидов с трубками взрыва является присутствие высокотемпературной ассоциации ПАУ — дифенила и флуорена — в хлороформенном битуме из самих кимберлитов (см. табл. 2) [11]. Образование этой эксгалационной генерации ПАУ связано, по-видимому, с внедрением интрузий в осадочную толщу [31]. Ранее предполагалось, что образование ПАУ и других компонентов битумидов в гранате, оливине [21] и содержащих их кимберлитах [26] связано с последовательной поликонденсацией некоторых газов (CH₄, СО, Н₂, СО₂) в присутствии катализаторов, в роли которых выступают силикаты и оксиды металлов. На наш взгляд, эта гипотеза требует экспериментальной проверки с использованием названных минералов кимберлитов.

Визуально диагностируемые битумы различной консистенции в трубках Удачная, Мир и других (см. табл. 1) находятся в кавернах, жеодах и субвертикальных, реже наклонных трещинах до глубины более 1 км. Стенки пустот обычно устланы кальцитом и пиритом. В кальцитовых жилах трубки Удачная битум выполяет трещины, поры и межзерновое пространство. В кимберлитах трубки Мир

2. Примеры состава ПАУ в кимберлитовых трубках и вмещающих породах на востоке Сибирской платформы [11, 31] (в %)

| ПАУ | Ксенолит | Минералы кимберлитов | Кимберлиты | Вмещающие породы | | | | Нафты в кимберлитах | | | | Нафты в осадочных породах | Гидротермальная жила трубка Удачная | | Гипс, трубка 1 | Минералы в осадках | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|----------------------|------------|------------------|------------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|--------------------|---------|---------------------------|-------------------------------------|---------|----------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | Кимберлиты | Вмещающие породы | Нафты в кимберлитах | Нафты в осадочных породах | Нафты в осадочных породах | Гипс, трубка 1 | Минералы в осадках | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Замещенные ПАУ</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Нафталины | 18,3 | 40,1 | 70,0 | 35,2 | 57,7 | 42,3 | 61,0 | 67,4 | 10,2 | 58,0 | 64,4 | 24,0 | 58,5 | 20,5 | 27,1 | 31,6 | 73,5 | 43,1 | 77,0 | 44,0 | 54,0 | 40,7 | | |
| Бензфлуорены | 1,0 | 1,5 | 2,7 | 0,7 | 0,8 | 3,8 | 4,8 | Не обн. | 0,6 | Не обн. | 6,6 | 3,1 | 4,5 | 0,05 | 1,1 | 1,9 | 5,1 | 6,7 | 3,0 | 3,6 | 10,1 | 3,4 | | |
| Фенантрены | 3,2 | 4,4 | 6,5 | 3,6 | 5,0 | 14,0 | 17,1 | 31,6 | 3,9 | 31,1 | 11,7 | 15,8 | 29,0 | 16,0 | 21,9 | 11,5 | 16,0 | 13,1 | 15,8 | 15,0 | 27,8 | 15,3 | | |
| Хризены | Не обн. | 3,6 | Не обн. | Не обн. | 30,0 | Есть | 4,7 | 39,8 | Не обн. | 31,2 | 32,4 | 28,4 | Не обн. | Не обн. | 24,5 | 2,1 | 28,2 | Не обн. | 28,2 | Не обн. | 9,9 | Не обн. | | |
| Пирены | 0,1 | 11,2 | 1,9 | 0,9 | 0,5 | 9,0 | 1,3 | 0,5 | 0,9 | 3,7 | 12,4 | 11,9 | 5,3 | 20,4 | 13,8 | 20,4 | 1,9 | 9,7 | 1,4 | 8,3 | 4,8 | 18,8 | | |
| 3,4-бензпирены | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 7,9 | |
| <i>Незамещенные ПАУ</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дифенил | 77,0 | 26,2 | 12,6 | 54,5 | 34,3 | Не обн. | 82,2 | Не обн. | Не обн. | 82,2 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. |
| Флуорен | Не обн. | 0,8 | 2,4 | 1,6 | 1,4 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 1,7 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. |
| Фенантрены | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. |
| Хризен | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. |
| Пирен | 0,1 | 5,3 | 2,4 | 2,0 | 0,3 | Не обн. | 2,8 | 0,5 | 0,3 | 2,9 | Не обн. | Не обн. | 2,0 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 2,2 | 0,9 | 0,1 | Не обн. | 1,8 | 0,5 | 0,5 | |
| 3,4-бензпирен | 0,02 | 1,0 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 0,8 | 2,4 | Не обн. | 0,03 | 0,1 | Не обн. | Не обн. | 0,06 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 0,8 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | |
| 1,12-бензпирен | 0,2 | 5,9 | 1,5 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 10,7 | Не обн. | 0,2 | 4,1 | Не обн. | Не обн. | 0,49 | Не обн. | Не обн. | Не обн. | 1,7 | 1,9 | 0,45 | Не обн. | 1,7 | 2,8 | 2,8 | |
| ПАУ, г/т | 4,6 | 4,238 | 0,649 | 2,840 | 0,844 | 2,6 | 0,16 | 7,3 | 0,5 | 482,5 | 1165,5 | 767,9 | 39,1 | 162,3 | 571,9 | 125,9 | 0,12 | 0,22 | 16,3 | 2,8 | 21,3 | 4,0 | 4,0 | |

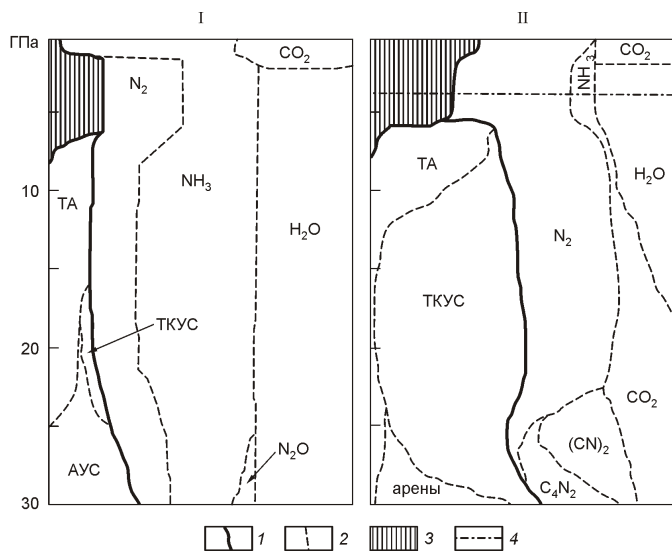


Рис. 2. Термодинамические модели состава газовой фазы (в %) из ксенолита гранатового перидотита в кимберлитовой трубке Удачная [14]:

1 — граница углеводородных соединений и неорганических газов; 2 — поля отдельных газов; 3 — метан; 4 — фазовый переход алмаз—графит; ТА — тяжелые алканы; углеводородные соединения: ТКУС — тяжелые кислородсодержащие, АУС — легкие азотсодержащие

встречаются участки интенсивного окремнения, в которых вместе с кварцем присутствуют халцедон, пирротин, галенит, сфалерит и скопления битумов. В трубке Айхал обнаружены кварцево (аметиство)-халцедон-асфальтовая («пенная») жила мощностью до 0,5 м и протяженностью до 18 м. Намечены последовательность и температура образования гидротермальных минералов и битумов: 1) волокнистый кальцит ($T_{образ}$ 180—340 С); 2) «пенистые» жилы с асфальтом ($T_{гомог}$ флюидных включений аметиста 100—150 С); 3) галенит, желтые сульфиды и кварц с озокеритом ($T_{пл}$ озокерита 89 С); 4) крупнозернистый кальцит ($T_{образ}$ не выше 50 С); 5) битумы, нефть сульфиды [2].

Согласно геологическим наблюдениям, конденсация ТУВ происходила после кристаллизации основной массы породы. При этом критические температура $T_{кр}$ и давление $P_{кр}$ углеводородов изменяются согласно с уменьшением молекулярной массы, определяя последовательность их конденсации. Например, $T_{кр}$ и $P_{кр}$ ряда *n*-алканов от эйкозана ($C_{20}H_{42}$) до пентана (C_5H_{12}) соответственно изменяется от 493,85 С и 1,1 МПа до 196,45 С и 3,33 МПа, а ряда ПАУ — от 515,85 С и 3,8 МПа у дифенила ($C_{12}H_{10}$), 475,2 С и 4 МПа у нафталина ($C_{10}H_8$) до 289,5 С и 4,83 МПа у бензола (C_6H_6) [28]. По мере охлаждения кимберлитовых трубок пневматолитовый процесс сменялся гидротермальным с конденсацией ювенильной воды ($T_{кр}$ 374,15 С, $P_{кр}$ 21,76 МПа). Вместе с водой, очевидно, конденсировались относительно низкотемпературные углеводороды, что приводило к образованию ассоциации гидротермальных минералов с битумами и нефтью. Действительно, высокотемпературная дифенил-флуореновая ассоциация ПАУ в кимберлитах сменяется в нефти и минералах одной из гидротермальных жил трубки Удачная на относительно низкотемпературные нафталин-хризеновую или нафталин-фенантреновую ассоциации

замещенных ПАУ (см. табл. 2) [31]. Многие ТУВ имеют относительно низкие температуры плавления $T_{пл}$, например, 36,85 С — эйкозан, 129,75 С — пентан, 80,35 С — нафталин, 69,25 С — дифенил, и 5,55 С — бензол [28], вследствие чего они могут присутствовать в гидротермальном растворе в жидком состоянии, образуя в нем капельки из-за несмешиваемости с водой. Экспериментально показано, что при взаимодействии гидротермальных растворов разного состава, содержащих Na_2CO_3 , $NaHCO_3$, $NaCl$ или LiF , с нефтью при T 180—490 С и 8—100 МПа в кристаллах кварца, кальцита и флюорита образуются водно-углеводородные включения. Причем, нефть претерпевает частичное фракционирование с образованием полужидких и твердых битумов, а также легких фракций [1].

Следует отметить, что в состав гидротермальных растворов, очевидно, входили метеорные воды, судя по изотопному составу водорода в псевдоморфозах серпентина по оливину (D 147—195 ‰) и желваковидном стяжении серпентина (D 186‰) из кимберлитов трубки Удачная. Процесс серпентинизации происходил при снижении температуры примерно на 300 С (от 380 до 80 С), учитывая диапазон вариаций D 165... 195‰ [30].

Таким образом, список критериев генетической связи конденсированных нафтидов с кимберлитовыми трубками пополнился нахождением высокотемпературной ассоциации ПАУ в самих кимберлитах, участием конденсированных нафтидов и ПАУ в гидротермальных процессах в пределах диаметра при отсутствии иных, кроме остывающих кимберлитов, источников тепла.

В асфальтите из кальцитовой жеоды трубки Удачная, по сравнению с вмещающим кимберлитом, концентрируется V 615 и 94,7 г/т, Zn 321 и 57,8 г/т и Mo 4,7 и 2,3 г/т соответственно. Отмечается конформность хондритнормализованных кривых редкоземельных элементов, несмотря на более низкие содержания этих элементов в асфальтите, чем в кимберлите (рис. 3), что свидетельствует об их генетической связи [13].

Неоднократно определялся изотопный состав углерода в битумах из кимберлитов и вмещающих осадочных пород. Так, в битумах (образцы 16 и 17), ассоциирующих с кальцитом в трубке Удачная-Западная, значения ^{13}C соответственно составляют 14,6 и 27,6‰, а в битуме из ксено-

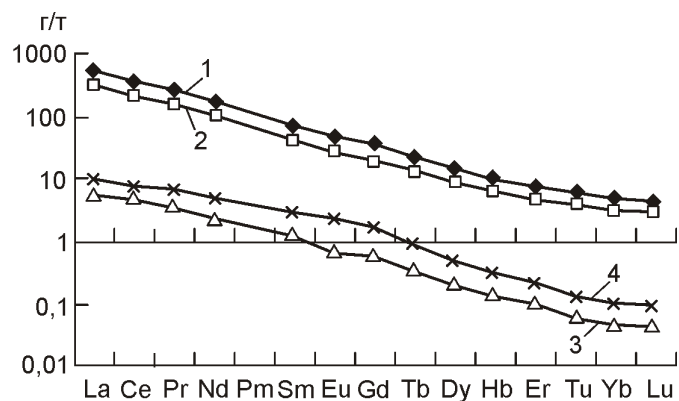


Рис. 3. Спектры распределения редкоземельных элементов в кимберлитах и битумах (нормировано на С1) [13]:

кимберлиты трубок: 1 — Айхал, 2 — Удачная; битумы трубок: 3 — Айхал, 4 — Удачная

литов известняков трубки Удачная-Восточная (образцы 21 и 22) 12,9 и 16,9‰ [24]. В работе [7] отмечается более легкий изотопный состав углерода из битумов (^{13}C 32,9 и 34,7‰) по сравнению с битумами из известняков (^{13}C 16,4; 21,4 и 22,5‰) в 2—3 км от трубки Удачная. В метанол-бензольном битумоиде из трубки Мир (обр. М-4) ^{13}C равно 34,4‰, а в нерастворимом керогене 32,4‰ [25]. Как видно, в битумах, связанных с кимберлитами, имеет место значительное фракционирование изотопов углерода — не менее чем от 14,6 до 34,7‰. В битумоиде из минерала-спутника алмаза — граната ^{13}C 29,06‰ [8], что примерно соответствует значениям этого параметра в тяжелых алканах из ксенолитов лерцолитов в щелочных базальтоидах (26,5... 28,0‰) [32]. Поэтому можно предположить, что рассматриваемые битумы в кимберлитовых трубках имеют мантийное происхождение.

Кроме того, в кимберлитовых трубках установлено присутствие нефти. Так, нефть, извлеченная из межмерзлотных вод скв. 31 (140—162 м) трубки Удачная-Западная, относится к тяжелой по плотности 0,915 г/см³, выход бензиновой фракции (70—200 С) из нее составляет всего 3,17%, а содержание парафина 1,35%, азота 0,24%, серы 2,08% [22]. Общие черты по физическим свойствам и составу с этой нефтью обнаруживают нефти из верхнекембрийских осадочных пород, которые относятся к высокоплотным (0,877—0,910 г/см³), высококипящим (выход фракции до 200 С не более 16%), с большим количеством смолисто-асфальтеновых компонентов, сернистым (1,3—1,5%) [10]. В нефти из скв. 31 трубки Удачная-Западная содержится, по данным И.В.Гринберга, 272 г/т дейтерия, а Н/Д 3268—3305. Такого большого количества дейтерия в нефтях не наблюдалось [2].

Наряду с конденсированными нафтидами в кимберлитах трубки Удачная и ее экзоконтактах широко проявлено выделение свободных газов. Особенно интенсивно выделяются газы в концентрических зонах трещиноватости трубки Удачная-Западная (до глубины 750 м) и трещиноватой зоне в кавернозных кимберлитах третьей фазы внедрения трубки Удачная-Восточная. В скв. 42 с глубины 366 м выделялся в течение 5 дней газ дебитом (по разным оценкам) от десятков до 100 тыс.м³ и начальным P 5—7 МПа. В состав этого газа входят (в %): H_2 — 50,9; $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ — 35,1; C_nH_{2n} — 0,25; N_2 — 12,6; O_2 — 1,05; CO_2 — 0,05; Ar — 0,01; He — 0,05. Содержание метана среди углеводородных газов составляет 85—90%. Интервал вариаций содержания отдельных газов (H_2 , CH_4 , CO_2) в трубке Удачная достигает нескольких порядков, но в большинстве случаев газы азотные. В метане из скв. 225 с глубины 362,9 м ^{13}C изменяется от 28,5 до 25,4‰ [19]. Преобладание в некоторых пробах восстановленных газов (H_2 , CH_4 и др.) из кимберлитов позволяет предположить их глубинное магматическое происхождение [22] и парагенетическую связь с конденсированными нафтидами. В работе [20], кроме метана первой группы с ^{13}C 26,3‰, установлено присутствие метана с ^{13}C 40,2‰.

Распределение конденсированных нафтидов в трубках зонально: наиболее обогащены нефтью и битумами их эндо- и экзоконтакты, где породы сильно трещиноваты, пересекаются зонами дробления, интенсивно карбонатизированы, окремнены и частично пиритизированы [2]. В контактовых частях трубки Удачная с вмещающими породами встречаются полости до 1 м в диаметре, открытые трещины, стенки

которых покрыты щетками бесцветного кварца или аметиста. Эти полости заполнены вязким битумом или нефтью. В осадочных породах вблизи трубки Удачная находится 3,4 млн.т/км² нафтидов до глубины 1,5 км, как на крупных нефтяных месторождениях, но практического интереса эти скопления не представляют из-за их рассредоточенности по разрезу [10]. Очевидно, концентрация конденсированных нафтидов и гидротермальных прожилков в эндо- и экзоконтактах трубки в значительной степени связана с дегазацией и последующей конденсацией углеводородно-неорганического флюида.

Помимо метеорной воды, участвующей в серпентинизации, в кимберлитовые трубки поступала углекислота из вмещающих карбонатных пород, на что указывает сравнение изотопного состава углерода и кислорода карбонатов в массивных кимберлитах Якутии (^{13}C 4,3... 4,6‰, ^{18}O 7... 18‰), в т.ч. в микролитах магматического кальцита трубки Удачная-Восточная (^{13}C 4,02‰, ^{18}O 15,31‰), — с изотопным составом этих элементов в кимберлитовых брекчиях, который обычно смещается на диаграмме ^{13}C — ^{18}O к полю осадочных пород (^{13}C 2‰, ^{18}O 18‰) [9]. Присутствие в кимберлитах трубки Удачная и вмещающих породах сульфатов Ca, Sr и Ba, содержащих битумы и ПАУ (см. табл. 2), свидетельствует о фильтрации в трубках взрыва и осадочных породах в окислительной обстановке высокоминерализованных водных растворов [10].

Таким образом, ряд исследователей уже высказывали предположение о подкоровом генезисе углерода конденсированных нафтидов в кимберлитах [6], образовании их в результате поликонденсации неорганических газов (H_2 , CO) или метана [26], а также тесной связи их с гидротермальными растворами, циркулировавшими в кимберлитовых трубках [2]. Суммируя эти представления, а также учитывая устойчивость ТУВ в равновесных условиях в верхней мантии и возможность их метастабильного прорыва через зону энергетического барьера [17], постмагматическая гипотеза генезиса нафтидов в кимберлитовых трубках Сибирской платформы может быть представлена следующим образом. Мы предполагаем, что газообразные ТУВ вместе с неорганическими газами (H_2 , CO_2 , N_2 и др.) в PT -условиях верхней мантии сохраняются в кимберлитовых расплавах. В результате прорыва этих расплавов и формирования трубок взрыва метастабильные ТУВ, очевидно, частично разлагаются с образованием метана и его ближайших гомологов, твердого углерода, но часть этих ТУВ сохраняется, конденсируется, начиная примерно с 600 С, и заполняет каверны и трещины в кимберлитах. В состав первоначально образующихся битумов входит высокотемпературная ассоциация ПАУ. Снижение температуры остывающих кимберлитов до критической температуры воды приводит к ее конденсации и образованию гидротермальных растворов, смешивающихся с метеорными водами. В этих растворах конденсируются относительно низкотемпературные ТУВ, которые из-за несмешиваемости с водой, образуют капельки битумов и нефти. В результате формируются карбонатные и кварц-халцедоновые прожилки с твердыми или жидкими конденсированными нафтидами. Рассмотренные процессы протекают и в экзоконтактах кимберлитов, куда дегазировали ТУВ и неорганические газы и проникали гидротермальные растворы. Рассмотренные процессы поступления ТУВ вместе с кимберлитовыми расплавами, их конденсация в остывающих кимбер-

литах и транспортировка гидротермальными растворами последовательно сменяли друг друга по мере понижения температуры в ходе образования трубок взрыва.

Поскольку кимберлитовые трубки — открытые системы по отношению к вмещающим осадочным породам и атмосфере, конденсированные нафтиды в этих трубках подвержены воздействию внешних факторов. Прежде всего, они частично окислены, особенно в верхней части трубок, вскрытых эрозионными процессами. Кроме того, можно допустить, что битумы и нефть стали питательной средой для микроорганизмов, проникающих тем или иным путем в трубки после их образования. В результате деятельности микробов при частичном разложении конденсированных нафтидов мог образоваться биогенный метан, а в оставшихся сохранились хемофоссилии. Другим источником хемофоссилий, скорее всего, второстепенным из-за низкого содержания углеродистого вещества, являются ксенолиты осадочных пород, подвергшиеся термическому воздействию. К биомаркерам относятся *n*-алканы, 12-, 13-метилалканы, гопаиноиды, порфирины и другие соединения. Их происхождение обычно связывают с привнесением органической нефтью по пластам осадочных пород в кимберлитовые трубки [5, 18, 25, 29 и др.]. Однако некоторые из рассматриваемых соединений могли образоваться не только биогенным, но и эндогенным путем, например, тяжелые алканы или порфирины. К эндомаркерам можно отнести бифенил-флуореновую ассоциацию ПАУ, формирующуюся при высоких температурах. Проблема генезиса био- и эндомаркеров — одна из ключевых в определении генезиса конденсированных нафтидов в кимберлитовых трубках.

На Сибирской платформе не исключена холодная дегазация мантийного углеводородно-неорганического флюида по зонам глубинных разломов литосферы с образованием месторождений нефти и газа [12, 15 и др.]. С этих позиций следует обратить внимание на образование на склонах Анабарского щита битумов, запасы которых составляют миллиарды тонн и сопоставимы в количественном отношении (по Н.А.Кудрявцеву), с битумами р.Атабаска в Канаде [2]. Только в верховьях рек Силигир и Марха, где расположена трубка Удачная, общая масса асфальтовых битумов достигает порядка 2 млрд.т [19].

Таким образом, в настоящее время предложено несколько гипотез образования конденсированных нафтидов в кимберлитовых трубках Сибирской платформы. Заслуживает внимания дальнейшая разработка не только осадочно-инфильтрационной (биогенной) гипотезы образования в них нафтидов, но и альтернативной гипотезы горячей дегазации верхней мантии с выплавлением кимберлитовых расплавов. Использование критериев поиска на Сибирской платформе эндогенных углеводородов, образовавшихся в результате холодной или горячей дегазации мантии по глубинным разломам в литосфере, может привести к открытию месторождений нефти и газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балицкий В.С., Балицкая Л.В., Бубликова Т.М., Борков Ф.П. Экспериментальное изучение механизмов образования и форм захвата водно-углеводородных включений в процессе роста кристаллов кварца, кальцита и флюорита в нефтесодержащих гидротермальных растворах // Докл. РАН. 2005. Т. 404. № 1. С. 90—93.
2. Бескровный Н.С. Нефтяные битумы и углеводородные газы как спутники гидротермальной деятельности. —Л.: Недра, 1967.
3. Боткунов А.И., Гаранин В.К., Крот А.Н. и др. Первичные углеводородные включения в гранатах из кимберлитовых трубок «Мир» и «Спутник» // Докл. АН СССР. 1985. Т. 280. № 2. С. 468—473.
4. Ваганов В.И. Проблемы методологии прогнозирования сверхкрупных коренных месторождений алмазов // Руды и металлы. 2005. № 6. С. 5—16.
5. Вдовыкин Г.П., Бодунов Е.И., Изосимова А.Н. и др. Битумы в кимберлитовых трубках «Мир» // Докл. АН СССР. 1979. Т. 245. № 4. С. 941—946.
6. Воронцов А.Е., Развозжаева Э.А., Сынгаевский Е.Д., Хлебникова А.А. Геохимические особенности углеродистых веществ из диатрем Сибирской платформы // Геохимия. 1986. № 2. С. 226—235.
7. Вышемирский В.С., Доильницын Е.Ф., Крымова В.Н. и др. Об органической природе битумов, связанных с вилюйскими кимберлитовыми трубками // Докл. АН СССР. 1971. Т. 197. № 4. С. 927—928.
8. Галимов Э.М., Боткунов А.И., Банникова Л.А. и др. Изотопный состав углерода газа и битумоида газовой-жидких включений в гранате из кимберлита трубки «Мир» // Докл. АН СССР. 1988. Т. 301. № 2. С. 436—437.
9. Галимов Э.М., Уханов А.В. Природа карбонатного компонента кимберлитов // Геохимия. 1989. № 3. С. 337—348.
10. Геология, гидрогеология и геохимия нефти и газа южного склона Анабарской антеклизы / Е.И.Бодунов, В.Л.Белецкий, Г.С.Фрадкин и др. —Якутск, 1986.
11. Геохимия полициклических ароматических углеводородов в горных породах и почвах / Под ред. А.Н.Геннадиева и Ю.И.Пиковского. —М.: Изд-во МГУ, 1996.
12. Готтих Р.П., Писоцкий Б.П., Бурмистенко Ю.Н. Восстановленные флюиды в разрезах нефтегазоносных бассейнов // Советская геология. 1988. № 3. С. 33—42.
13. Готтих Р.П., Писоцкий Б.И., Журавлев Д.З. Распределение микроэлементов в системах кимберлит—битум и базальт—битум в диатремах Сибирской платформы // Докл. РАН. 2004. Т. 399. № 3. С. 373—377.
14. Зубков В.С. К вопросу о составе и формах нахождения флюида системы С-N-O-S в РТ-условиях верхней мантии // Геохимия. 2001. № 2. С. 131—145.
15. Зубков В.С. О возможности неорганического происхождения нефти и газа Восточной Сибири // Геология нефти и газа. 2002. № 6. С. 51—56.
16. Каминский Ф.В., Кулакова И.И., Оглоблина А.И. О полициклических ароматических углеводородах в карбонадо и алмазе // Докл. АН СССР. 1985. Т. 283. № 4. С. 985—988.
17. Карпов И.К., Зубков В.С., Степанов А.Н. и др. Термодинамический критерий метастабильного состояния углеводородов в земной коре и верхней мантии // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1518—1528.
18. Ковальский В.В., Изосимова А.Н., Сафронов А.Ф. и др. Обитумопроявлениях в кимберлитовой трубке «Удачная» // Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. —М.: Наука, 1981. С. 213—217.
19. Кравцов А.И., Войтов Г.И., Иванов В.А., Кропотова О.И. О газах и битумах в породах трубки «Удачная» // Докл. АН СССР. 1976. Т. 228. № 5. С. 1204—1207.
20. Кравцов А.И., Бобров В.А., Кропотова О.И. и др. Изотопный состав углерода битумных и газовых проявлений в кимберлитовых телах // Тезисы докладов VII Всесоюзного симпозиума по стабильным изотопам в геохимии, 23—26 окт. 1978 г. —М., 1978. С. 252—254.
21. Кулакова И.И., Оглоблина А.И., Руденко А.П. и др. Полициклические ароматические углеводороды в минералах-спутниках алмаза и возможный механизм их образования // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 6. С. 1458—1461.
22. Макаров К.К. Новые данные о нефтегазопроявлениях в районе алмазного месторождения трубки «Удачная» (р.Далдын, Восточная Сибирь) // Докл. АН СССР. 1960. Т. 134. № 3. С. 650—653.

23. Мальков Б.А., Боболович Г.Н. Условия формирования кимберлитов по данным исследования включений в кальците и апатите // Докл. АН СССР. 1977. Т. 234. № 2. С. 436—439.
24. Мамчур Г.П., Мельник Ю.М., Харьков А.Д., Ярынич О.А. О происхождении карбонатов и битуминозного вещества в кимберлитовых трубках по данным изотопного состава углерода // Геохимия. 1980. № 4. С. 540—547.
25. Мартихаева Д.Х., Макрыгина В.А., Воронцов А.Е., Развозжаева Э.А. Углеродистое вещество в метаморфических и гидротермальных породах. —Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2001.
26. Оглоблина А.И., Руденко А.П., Кулакова И.И. и др. Особенности состава полициклических ароматических углеводородов в кимберлитах // Докл. АН СССР. 1983. Т. 272. № 4. С. 964—967.
27. Попивняк И.В., Демин Б.Г., Левицкий В.В., Коптиль В.И. Новые данные о летучих компонентах мантийных минералообразующих сред // Докл. АН СССР. 1980. Т. 254. № 5. С. 1238—1241.
28. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие. —Л.: Химия, 1982.
29. Сафронов А.Ф., Зинчук Н.Н., Каширцев В.А. и др. Нафтидопоявления в кимберлитовых трубках и вмещающих породах Якутской алмазоносной провинции // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 2. С. 151—159.
30. Уханов А.В., Девириц А.Л. Метеорное происхождение воды, серпентинизировавшей кимберлиты Якутии // Докл. АН СССР. 1983. Т. 268. № 3. С. 706—709.
31. Шепелева Н.Н., Оглоблина А.И., Пиковский Ю.И. Полициклические ароматические углеводороды в углеродистом веществе Далдыно-Алакитского района Сибирской платформы // Геохимия. 1990. № 5. С. 731—740.
32. Sugisaki R., Mimura K. Mantle hydrocarbons: Abiotic or biotic? // Geochim. Cosmochim. Acta. 1994. Vol. 58. № 11. P. 2527—2542.

Стратиграфия, региональная геология и тектоника

УДК 551.24.01

Л.И.Красный, 2006

Некоторые философские понятия в свете проблем современной геотектоники

Л.И.КРАСНЫЙ (ВСЕГЕИ)

Современный виток знаний в области геологии и геодинамики [7] обозначил значительный интерес к философским обобщениям широкого круга ученых и, в частности, профессоров, обучающихся студентов в Москве [9] и региональных вузах. [8]. Так, по В.Т.Фролову «... в геологии есть явный дефицит теоретичности и теорий, что нередко выражается в закомплексованности геологов и питает ее» [9, с. 9].

В 1960-е годы автор наметил возможные пути теоретических исследований в геологии [2]. Тогда, опираясь на известную философскую литературу, привел определения таких фундаментальных понятий как **закон**, **принцип** и **правило** с некоторыми дополнениями, касающимися структурирования научных знаний (табл. 1).

Дальнейшему развитию этих идей способствовал выход в свет книги известного геолога-тектониста академика В.Е.Хаина [10]. Автор данной статьи в журнале «Отечест-

венная геология» опубликовал подробную рецензию [3]. В ее заключительной части, пользуясь материалами В.Е.Хаина, а также многолетними исследованиями в разных ветвях наук о Земле [1, 4] сделана попытка синтезировать ряд разработок последних лет применительно к указанным философским понятиям.

Цель такого подхода, с одной стороны, оказать помощь в теоретическом обосновании ряда проблем, а с другой, попытаться поставить перед всеми интересующимися философскими проблемами задачу обозначения иерархической связи, следующих из фактических данных между разными категориями понятий. Возможно, это поможет задуматься над тем как более высокий ранг теоретических представлений разделяется на подчинение им следствия.

В дополнение к табл. 1 возможно представить следующую общую схему, из которой ясно, что закон может бази-

1. Общие положения, определяющие структурирование научных знаний

| | | |
|---|-----------|---|
| Учение — объективное рассмотрение положений, разъясняющих соответствующие концепции | Концепция | Общий научный замысел, разъясняющий систему взглядов |
| | Гипотеза | Научное предположение, выдвигаемое для какого-либо явления, процесса и требующее проверки |
| | Теория | Логическое завершение системы обобщающих положений, проведенное с разных сторон |
| По Л.И.Красному [2] | Правило | Положение, выражающее определенное постоянное соотношение каких-либо явлений |
| | Принцип | Исходное положение, основание системы, представляющее обобщение и распространение его на все явления той области, из которой данный принцип абстрагирован |
| | Закон | Внутренняя существенная часть явлений, обуславливающая их необходимое развитие. Закон выражает порядок причинной, устойчивой связи между явлениями. По В.Е.Хаину и А.Г.Рябухину (1997): «...общие, необходимые и существенные связи между предметами и явлениями, обуславливающие их упорядоченные изменения» (с. 192). |