

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О ТОНКОДИСПЕРСНОЙ AU-AG-CU – МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ТРАППАХ ТИМАНА

Кочетков О.С.¹, Соловьева О.В.¹, Филиппов В.Н.²

¹ Ухтинский государственный технический университет, Ухта; zav_miggg@ugtu.net

² Учреждение Российской академии наук Институт геологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар

К настоящему времени золотоносность Тимана изучена недостаточно. Наиболее полно она охарактеризована для байкальского фундамента в отношении его коренных источников по золоту и особенностям его накопления. Однако значительных скоплений золота и сопутствующих ему малых и редких металлов в породах фундамента пока не открыто. Исключение представляют мелкие недоразведанные Коренновское золото-арсенипиритовое месторождение на Среднем Тимане и такое же по составу рудопоявление «Надежда» на п-ве Канин. Вместе с тем выявлены на Среднем Тимане черные сланцы с повышенными содержаниями золота (сотые и тысячные доли грамма на тонну). Они залегают в пределах северо-восточной структурно-формационной зоны в составе паунской свиты и ее аналогов. В кроющих фундамент базальных горизонтах палеозоя известны золотоносные россыпные скопления. Первоочередно к ним относятся Ичетьюское месторождение среднедевонских псефито-псаммитовых монокарцевых отложений на Среднем Тимане, как продуктов перетолжения аллитных кор выветривания пород фундамента. Совершенно не изученной остается золотоносность базальтоидов трапповой формации верхнего девона на Тимане. Известно одно рудопоявление, приуроченное к диабазам этой формации на р. Цильма, у устья реки Мутной, выявленное профессором А.А. Черновым в 20-х годах прошлого столетия, с содержанием в породе 1,4 гр золота на тонну, и второе – в дайковых «порфиридах» на р. Рудянке с содержанием Au 0,46 и 0,59 г/т. Широкое развитие трапповой формации приурочено к началу позднедевонского времени, франскому веку, когда произошла активизация вулканической деятельности на плитной стадии платформенного этапа, охватившая всю складчатую зону байкалид от Южного Тимана до п-ва Канин включительно. Формация включает вулканические базальтоидные породы траппов и сопровождающие их пирокластические породы, образующие толщи в несколько десятков метров мощностью.

Вулканизм имел полифазовый характер. Насчитывается до 3 покровов базальтов, разделенных туфоосадочными пестроцветными толщами. Сами базальты морфологически разнотипны. Выделяются: 1) неизменные кайнотипные долеритовые базальты, иногда трахибазальты, 2) палеотипные базальты, или диабазы, 3) гидротермально измененные пропилитизированные, иногда полешпатизированные базальты палеовой и серовато-белой окрасок, 4) гипергенно измененные вплоть до нацело каолинизированных базальты, также отбеленные, как и предыдущие. Изменение базальтов служит доказательством их преобразования в условиях наложенных вторичных процессов эндогенного и экзогенного характера.

В районе Южного Тимана на Ярегском нефте-титановом месторождении представлены все перечисленные морфотипы базальтов. Они часто образуют здесь дайковые тела, секущие, так называемый, III-й рудоносный пласт нефтенасыщенных псефитолитов и псаммолитов эйфельского возраста. В стенках шахтных штолен можно наблюдать, как жидкая нефть поднимается по боковым стенкам и трещинам таких даек подобно капиллярной системе. Возгоны жидкой нефти не связаны, как с источником, с нефтенасыщенными породами третьего пласта. Нефть воздымается по трещинам из фундамента, подчеркивая современный характер ее миграции.

Обращает на себя внимание тот факт, что гидротермально измененные отбеленные базальты приурочены к местам разломной трещиноватости, где даже слабо измененные базальты пронизаны вертикальными каналцами (1-2 см в диаметре), заполненными гидротермальными кальцитом и кварцем. Эти каналца сохраняются и в отбеленных базальтах, но в них первичная минеральная «начинка» замещается охрами и каолинитом. Вместе с тем здесь обнаружены брекчированные отбеленные базальты, в которых крупные до 20 см оскольчато-угловатые обломки брекчии сцементированы коричневатой темносерой мелкозернистой массой вулканического стекла в смеси с мелкокристаллическим сидеритом палеотипного гиалобазальта. Оскольчатые обломки брекчии разбросаны относительно друг друга, свидетельствуя о динамике растяжения в зоне разлома. Наличие такой брекчии следует рассматривать как явный признак повторного базальтового вулканизма, имевшего место в значительно более позднее время, по нашему мнению, в кайнозой. Очевидно, одновременно с ним происходил процесс поступления углеводородов и нефтенакпления в третьем пласте, который не прекращается и сегодня, способствуя разложению гиалобазальта с образованием сидерита и халцедона по вулканическому стеклу, тахилиту.

Локализация развития вторичных процессов изменения базальтов в зонах разломов резко выделяет последние среди прочих базальтов, особенно кайнотипных с афанитовой структурой. Совершенно очевидно, что с зонами разломов следует связывать местоположение палеотипной вторичной минерализации экзогенного и эндогенного типов. В частности, здесь встречается в открытых трещинах выделения крупных кристаллов (до

1 см) галенита, анальцита (до 2 см), мелкая вкрапленность сульфидов (пирита, халькопирита), прожилки кальцита и кварца. Зона отбеленных базальтов достигает ширины 5-6 м.

Инфильтрация гипергенных вод четко фиксируется нисходящими трещинами с признаками просачивания вод сверху и каолинизацией самих базальтов.

До последнего времени каких-либо сведений о золотоносности вулканических пород Яреги не было. На Среднем Тимане кроме золотопроявлений в базальтах нами обнаружена и описана Au-Ag-Cu-рудная минерализация в туфолавовых пропластках мощностью 0,2-0,4 м в кыновском туфоосадочном горизонте ниже - франского подъяруса верхнего девона. Она представлена самородным медистым золотом, электрумом, рожковитом, в парагенезисе с халькопиритом, халькозином, с самородным серебром, пиритом. Подобная минерализация «заражает» и всю туфоосадочную толщу, особенно в случае пелитовых туффитов.

Заметно повышенная плотность штучных образцов туфолавы (уд. вес около 3,0) ощущается по сравнению с базальтом уже по тяжести штуча «на руке», т.е. на весу, несмотря на то, что она содержит до 10% кварц-полевощпатовой пирокластики и мелкие глобулы в вулканическом стекле, частично или полностью заполненные Mn-кальцитом с ангдральным прожилковым халькопиритом. В палагонитизированном стекле обнаружены весьма мелкие (менее 0,01 мм) выделения разных рудных минералов, включая рожковит, медистое золото, электрум, серебро и некоторые интерметаллиды, в том числе редкоземельные, в соответствии с микронзондовыми определениями [1], табл. 1.

Это определяет высокую перспективу здесь (район среднего течения р. Цильма), как рудоносных, тонкодисперсных концентраций золота и парагенных с ним металлов, особенно меди и серебра. Тем самым нами выделен туфолавовый тип золото-серебряно-медной рудоносной породы. Ее присутствие также возможно в туфоосадочных толщах Южного Тимана, первоочередно в районе Ярегского месторождения, где они вскрываются шахтным полем.

Таким образом, тесная парагенная ассоциация Au-Ag-Cu-минералов в заметно повышенных количествах резко отличает туфолаву от нормального траппового базальта и увеличивает ее удельный вес. В то же время она «заражена» примесью захваченных органических остатков в виде углефицированной флоры и фосфатизированной ихтиофауны. Помимо их рассеянных включений в вулкано-осадочной толще имеются 3-4 пласта мощностью 10-20 см и протяженностью с перерывами 200-300 м углистых фитоморфоз, замещенных сульфидами меди, железа, и «рыбных» фосфоритов. Они на стадии диагенеза и катагенеза стали специфическими дифференцированными накопителями редких и малых металлов, первые – преимущественно меди, в составе халькозина, вторые – редкоземельных металлов в составе коллофанита [2].

Подводные условия застывания лавовых потоков с образованием туфолав, несомненно, сопровождалась сорбцией и захватом фумарольных флюидов с повышенной концентрацией малых и редких металлов, типоморфных для базальтового вулканизма. Тем самым создавалась интерметаллическая минерализация пневматолито-гидротермального тонкодисперсного вида.

В условиях гальмиролиза и диагенеза преобразование туфоосадочного вещества в восстановительной среде на более глубоководных участках обусловило темно-серые и зеленовато-серые окраски пород туфолавового комплекса. Напротив, на мелководных участках вблизи линзовых псаммитов туфолавовые породы в условиях активной окислительной среды окрашивались постепенно до красноцветных.

Сохранение диагенетических окрасок не означает отсутствие катагенетических процессов в дальнейшем. Они представлены прожилково-вкрапленной карбонатизацией, парахлоритизацией, оглеением пород и вторичной сульфидизацией.

Породы туфолавового комплекса хорошо изучены нами на Среднем Тимане (р. Цильма) и мало изучены на Южном Тимане, где по данным профессора Сердюченко Д.П. [3], среди вулкано-осадочных отложений, близких по генезису среднетиманским туфолавам, имеются маломощные горизонты лептохлоритовых железистых пород. По-видимому, они представляют собой диагенетически переработанные в условиях гальмиролиза те же самые вышеописанные туфолавы и туфопелитолиты, литофицированные затем на стадии катагенеза. Это определяет необходимость их минерально-геохимического изучения для выявления повышенных концентраций малых и редких элементов.

Именно здесь же наблюдаются палеотипные и кайнотипные базальты с признаками гипергенно-гидротермального преобразования, что, в целом, благоприятствовало перераспределению первоочередно малых и редких элементов в процессе дегидратации и цементации пород. Соответственно в этом процессе новую минерализацию с образованием собственных минералов дают те металлы, кларк у которых заметно превышен.

Заслуживают внимания в этом отношении результаты исследований золотоносности Енисейского кряжа, геологическая история которого близка таковой для Варангер-Канино-Тиманского пояса [4, 5, 6]. В частности, на Енисейском кряже имеется трапповая формация (Ворговский массив, как наиболее крупное базальтовое тело траппов). Правда, она более молодая, чем на Тимане, а именно – мезозойская. Тем не менее, она имеет одинаковую металлогеническую характеристику с траппами других регионов и возрастов, где она хорошо изучена. Это позволяет трапповые формации рассматривать как специфичные по условиям образования на контакте верхней мантии и континентальной коры и по набору геохимических компонентов, в том числе малых и рудных металлов, включая золото, медь и серебро [4].

На Енисейском кряже для трапповых базальтов зафиксированы разные варианты изменения, начиная с аутометасоматических (диабазы) и затем – пропилитизация, вплоть до гидротермальной аргиллизации. Установлено, что золото, участвуя в этом инверсионном дискретном процессе миграции – минерализации

геохимических компонентов, включая привносимые гидротермами, может вновь «вернуться» в исходные базальты траппов, но, безусловно, в зонах разломов с высокой трещиноватостью пород, образуя новую Au – минерализацию более высокой концентрации. Причем подчеркивается, что при наложенной карбонатизации Au мигрирует, не давая минерализации.

Применительно к тиманским траппам в пределах Ярегской антиклинали значительность гидротермальных изменений создавала условия к новой миграции, но которая мало изучена, в частности, у золота. Правда, в шлиховых пробах шахтных отвалов были обнаружены знаки Au, что обнадеживает. Целенаправленное исследование ярегских пропилитов позволило нам выявить с помощью микрозондового анализа кобальт–никель–медную гидротермальную тонкодисперсную минерализацию с которой может ассоциироваться и золото. Определены: халькопирит, полидимит, Со-пирит и другие сульфиды Со и Ni, а также крокоит.

Однако пока золота в ярегских базальтах нами не установлено. Поэтому вернемся к специальным исследованиям по этому вопросу для Енисейского кряжа. Из всех разновозрастных магматитов в регионе, вплоть до кислых пород, трапповые базальты имеют самые высокие средние концентрации Au (4,9 мг/т). Переводя этот показатель в проценты получим $4,9 \cdot 10^{-7}$, т.е. кларковый порядок концентраций, но превышающий кларк для основных пород, почти на уровне ультрабазитов [5]. «Повсюдность» величины такого значения для трапповых базальтов относительно других базальтов свидетельствует о специфичности условий их выплавки из первичного субстрата. Такими могли быть породы низов континентальной коры, т.е. плагиогнейсовой оболочки, включавшей парапороды с бывшим черносланцевым или россыпным типами накопления золота. Но на Яреге совсем не исключено участие также мантийного источника, о чем в определенной мере свидетельствуют кобальт-никелевомедная минерализация с обнаруженным крокоитом и возможным проявлением высоких концентраций Au.

Следовательно, траппы, скорее всего, связаны с плагиогнейсами континентальной коры, как ее производные после завершения процесса коровой континентализации.

Таблица 1. Результаты диагностики включений металл – интерметаллид в туфолах без термической обработки (определения на микроанализаторе)

| № пробы | Fe (Element, %) | | Ti (Element, %) | | Co (Element, %) | | W (Element, %) | | Минеральные виды |
|--------------|-----------------|----|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|--------------------------------|
| 4 (66) | 3,06 | | - | | 2,37 | | 104,62 | | |
| 5 (66) | 3,62 | | - | | 10,41 | | 89,49 | | |
| 6 (66) | 4,81 | | - | | 5,37 | | 67,36 | | |
| 15 (70) | 9,29 | | 16,17 | | 6,35 | | 57,22 | | |
| 16 (70) | 3,04 | | 1,36 | | 1,30 | | 78,63 | | |
| 16/1 (70) | 3,50 | | 2,71 | | 2,41 | | 78,08 | | |
| № пробы | Zn | Sn | Ag | Au | Cu | Al | Cr | Ni | Минеральные виды |
| (Element, %) | | | | | | | | | |
| 3 (66) | 58,31 | - | - | - | - | - | - | - | Самородный цинк с Si (19,24%) |
| 9 (66) | - | - | 7,79 | 20,90 | - | - | - | - | Электрум |
| 10 (66) | - | - | 48,80 | - | - | - | - | - | Самородное серебро |
| 11 (66) | - | - | - | 28,15 | 15,97 | - | - | - | Медистое золото |
| 19 (70) | - | - | - | - | 49,81 | - | - | - | Самородная медь с Si (16,85%) |
| 21 (70) | - | - | - | - | - | 95,73 | - | - | Самородный алюминий |
| 22 (70) | - | - | - | - | - | - | - | 90,79 | Самородный никель с Cr (0,91%) |
| 24 (70) | - | - | - | - | - | - | 87,51 | - | Самородный хром с Ni (1,15%) |

Таким образом, реальность источника золота и сопутствующих металлов в виде пород трапповой формации на Тимане вполне обоснована. Но требовалось воздействие на траппы высокотемпературных растворов фумарол и гидротерм, в зонах разломов, чтобы через процессы перераспределения породообразующих и аксессуарных компонентов сформировалась тонкодисперсная рудная минерализация из сульфидов, интерметаллидов, самородных меди и золота, требующая особой технологии обогащения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетков О.С., Микитенко О.В., Филлипов В.Н. О результатах термической обработки медистых туфолов (река Цильма) // Мат. VIII научно-технической конференции; Ч. I. Ухта: изд. УГТУ, 2008. С. 18-22.
2. Кочетков О.С. Концентрации малых и рудных металлов в биолитах из девонских отложений Среднего, Северного Тиммана и полуострова Канин // Известия Академии наук СССР. Серия геологическая. 1966. №3. С. 25-36.
3. Сердюченко Д.П. Девонская железорудная бокситовая оолитовая формация // Очерки осадочных месторождений полезных ископаемых АН СССР. 1958. С. 3-24.

4. *Ножкин А.Д., Кренделев Ф.П., Миронов С.Б.* Золото в процессах магматизма и метаморфизма на примере Северо-Востока Енисейского края // Золото и редкие элементы в геохимических процессах. Новосибирск: изд. «Наука», 1976. 312 с.

5. *Войткевич Г.В. и др.* Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1970. 280 с.

6. *Кочетков О.С.* Металлогеническое наследование в пределах складчато-глыбовых зон обрамления древних платформ (Тимана и др.). М, 1978. 72 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАКОПЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ МЕТАЛЛОВ В ЗОЛАХ И ШЛАКАХ ВОРКУТИНСКИХ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Кочетков О.С.¹, Львов А.Э.¹, Тропников Е.М.², Филиппов В.Н.²

¹ Ухтинский государственный технический университет, Ухта; zav_miggg@ugtu.net

² Учреждение Российской академии наук Институт геологии КНЦ УрО РАН, Сыктывкар; kotova@geo.komisc.ru

Каменные угли Печорского бассейна относятся фациально к паралическому типу углеобразования, которому присуща сравнительно высокая зольность. Печорский угольный бассейн представлен почти всеми видами углей, в том числе коксующимися и начальной стадии антрацитов. «Рядовые» каменные угли широко применяются как топливо, в частности, в самом угольном бассейне (Воркута, Инта и др.). Утилизация твёрдых отходов от сжигания топлива ограничивается применением в качестве удобрения, обогащённого микроэлементами, а также вывозом их на, так называемые, зольные поля, где вышеуказанные продукты сгорания хранятся для дальнейшего применения.

Как и во многих иных угольных бассейнах, печорские угли накопили в себе ряд малых и редких элементов. Эти элементы, по мере сжигания угольного топлива, концентрируются в золах и шлаках. На примере углей Воркутинского месторождения нами была изучена геохимическая система «концентрация–рассеяние» малых и редких элементов в золах и шлаках углей относительно кларков в земной коре с определением Кк (коэффициента концентрации), основываясь на соответствующих опубликованных данных [1] по их содержанию в воркутинских углях.

Таблица 1. Распределение металлов между золой циклона, золоотвала и шлаком, %

| Зола циклона | | Зола золоотвала | | Шлак золоотвала | |
|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Наименование элемента | Содержание, % | Наименование элемента | Содержание, % | Наименование элемента | Содержание, % |
| Va | 62,50 | | | | |
| Sr | 43,48 | Sr | 43,48 | | |
| Mo | 41,18 | Mo | 41,18 | | |
| Mn | 36,84 | | | Mn | 36,84 |
| | | Cr | 37,50 | Cr | 37,50 |
| | | V | 36,84 | V | 36,84 |
| | | | | Yb | 50,00 |
| | | Ti | 47,61 | | |
| | | Sc | 50,00 | | |
| | | Co | 53,84 | | |
| | | Ni | 58,84 | | |
| | | Cu | 53,84 | | |
| | | Zn | 50,00 | | |
| | | Ge | 63,64 | | |
| | | Y | 44,44 | | |
| | | Zr | 50,00 | | |
| | | Nb | 50,00 | | |
| | | Ag | 42,86 | | |
| | | Sn | 55,56 | | |
| | | Pb | 50,00 | | |
| | | Ga | 50,00 | | |
| Be | 33,33 | Be | 33,33 | Be | 33,33 |
| As | 33,33 | As | 33,33 | As | 33,33 |
| Sb | 33,33 | Sb | 33,33 | Sb | 33,33 |