

Анализ распределения элементов примесей в главных типах пород позволил установить тенденции изменения их содержания в зависимости от природной принадлежности. В ряду пород дуниты-верлиты-клинопироксениты-габбро установлены следующие тренды (табл.). Содержание Cr максимальное в дунитах и затем в этом ряду убывает до минимального в габбро. Содержания Ni и Co максимальные в дунитах, затем уменьшаются к верлитам и становятся минимальными с примерно равными содержаниями в клинопироксенитах и габбро. Содержания Ti, V и Sc минимальные в дунитах. Они резко возрастают в верлитах, затем незначительно уменьшаются к клинопироксенитам и габбро. Содержания Ga, Cs возрастают в ряду дуниты-верлиты-клинопироксениты-габбро.

Таблица

Распределение элементов примесей в ультрамафитах и габброидах (г/т)

Порода	Дунит	Верлит	Клинопироксенит	Оливиновое габбро
Cr	4507	1367	968,0	358,7
Ni	879,4	267,9	143,4	153,1
Ti	47,50	575,1	420,8	429,8
Co	160,9	103,2	72,01	82,57
V	30,34	206,1	179,9	157,5
Sc	6,741	73,13	82,25	57,84
Ga	0,869	2,204	2,722	11,25
Cs	0,027	0,116	0,200	0,231

В результате проведенного детального петрографического изучения установлены главные типы пород, слагающие Карашатский массив. Они сложены, главным образом, ультрамафитами и мафитами, которые представляют собой кумулятивный комплекс офиолитовой ассоциации. Ультрамафиты представлены дунитами, верлитами и клинопироксенитами, а габброиды – оливиновым габбро. Анализ распределения элементов примесей показал, что их содержания определяются природной принадлежностью, которая в свою очередь отражает последовательность образования пород в ряду дуниты-верлиты-клинопироксениты-габбро.

Литература

1. Волохов И.М., Иванов В.М., Оболенская Р.В. Карашатский базит–гипербазитовый плутон – еще одно проявление габбро–пироксенит–дунитового формационного типа в Туве // Проблемы магматической геологии. Новосибирск: Наука, 1973. – С. 63–65.
2. Добрецов Н.Л., Молдаванцев Ю.Е., Казак А.П. и др. Петрология и метаморфизм древних офиолитов на примере Полярного Урала и Западного Саяна. Новосибирск: Наука, 1977. – 223 с.

ПРИРОДА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ВУЛКАНОГЕННЫХ ПРОСЛОЕВ В ОТЛОЖЕНИЯХ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО ОСАДОЧНОГО БАСЕЙНА

Кондрашова Е.С.^{1,2}

Научный руководитель - профессор С.И. Арбузов¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

При изучении отложений баженовской свиты в центральной и юго-восточной части Западно-Сибирского осадочного бассейна выявлены люминесцирующие в ультрафиолетовом освещении (УФ) прослои мощностью от 0,2 см до 45 см. Выделенные прослои характеризуются ярким желтым, оранжево-желтым свечением разной интенсивности (от слабой до сильной), но при этом отчетливо выделяются на фоне «обычных» пород свиты. Выявленные люминесцирующие прослои по комплексу признаков (цвет, мощность, текстура) разделены на две группы. I группа представляет собой прослои мощностью 0,2...1,5 см (рис. 1, а). II группа – ритмичное переслаивание с суммарной мощностью 5...45 см, состоящее из тонких люминесцирующих слоев и слоев без свечения, обогащенных органическим веществом (рис. 1, б). В пределах разреза одной скважины нередко отмечается одновременное нахождение прослоев разных групп.

По результатам ранее проведенных исследований проведена типизация выявленных прослоев по минеральному составу. Прослои I группы отнесены к глинистому типу, прослои II группы – к кремнистому. Изучение минерального состава, особенностей строения и структурно-текстурных признаков выделенных горизонтов позволили определить природу их образования как вулканогенно-пирокластическую [2, 3].

Целью настоящей работы является выяснение природы люминесценции изучаемых прослоев.

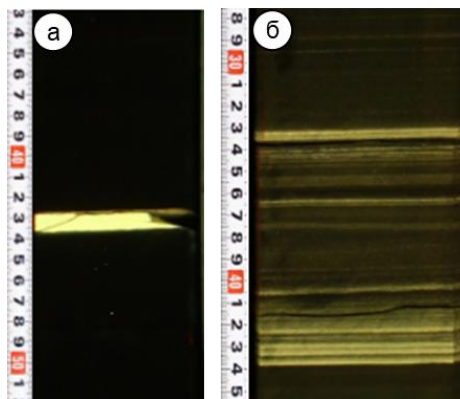


Рис. 1 Люминесцирующие прослои в отложениях баженовской свиты. **а** – I группа прослоев (глинистый тип), **б** – II группа прослоев (кремнистый тип). Фотографии в УФ свете

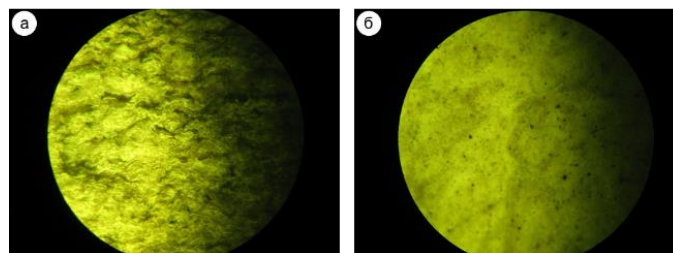


Рис. 2 Фотографии образцов изучаемых прослоев в люминесцентном микроскопе: **а** – I группа прослоев (глинистый тип), **б** – II группа прослоев (кремнистый тип)

Исследование на люминесцентном микроскопе показало, что свечение пород имеет площадной характер распространения и равномерное распределение среди основной массы (рис. 2).

На начальных этапах исследования характер и природа свечения люминесцирующих прослоев связывались либо с наличием свободных углеводородов (УВ) (в виде нефтенасыщения), либо с возможным присутствием в породах карбонатного материала. Для подтверждения причины свечения за счет наличия УВ было проведено экстрагирование образцов из изучаемых прослоев в куске породы и порошке. После экстрагирования в разных растворителях свечение не исчезло и был сделан вывод, что оно не связано с присутствием УВ.

Помимо углеводородов свечение в УФ свете может вызывать карбонатизация пород в различной степени. Однако по результатам рентгенофазового анализа в составе исследуемых образцов содержание карбонатных минералов не превышает 5 % [2]. Такое низкое содержание карбонатов не может объяснить площадной характер свечения.

Также для выяснения причин свечения был произведен ступенчатый нагрев образцов каждого типа прослоев в порошке в диапазоне 200...400° С с последующим фотографированием в дневном и ультрафиолетовом свете. На всем этапе прокаливая отмечено изменение в интенсивности свечения вплоть до его полного исчезновения. Свечение для пород кремнистого типа исчезает после нагрева в 300° С, а для глинистого типа при 400° С. Исчезновение свечения при разных температурах предположительно связывается с особенностями минерально-компонентного состава. До и после прокаливания проводился рентгенофазовый анализ каждого образца для наблюдения за изменениями минерального состава. При сравнении полученных дифрактограмм выявлено, что после прокаливания породы не изменили свой минеральный состав.

Таким образом, предполагается, что люминесценция не связана с минеральным составом пород, а может быть связана с органическим веществом и/или его компонентами или же с металл-органическими комплексами, входящими в состав пород. Прокаливание породы могло привести к разрушению связей органического вещества с минеральными компонентами, что привело к исчезновению люминесценции.

После обработки образцов каждого типа прослоев соляной и плавиковой кислотами для удаления минеральной части также отмечено исчезновение свечения, что, предположительно, связано с разрушением связей органического вещества с минеральными компонентами породы.

Данные прокаливания совпадают с результатами проведенной термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии. Для всех типов пород характерно наличие двух основных стадий, связанных с потерей массы и экзотермическими процессами. В диапазоне до 200° С происходит удаление несвязанной и кристаллогидратной воды, а также очень легких компонентов органического вещества. Вторая стадия наблюдается в диапазонах температур 350...650° С. Эта область характерна для разложения органического вещества (окисления / выгорания), при этом наблюдается одновременно потеря массы (от 7 до 16 %) и экзотермический эффект.

По результатам проведенной рентгенолюминесценции выяснилось, что свечение не связано с кристаллической структурой, т.е. центры люминесценции не находятся в кристаллических решетках минералов, и не обусловлено структурными дефектами минералов. В спектрах фотолуминесценции появляются полосы излучения в видимом диапазоне (500...600 нм). Отсутствие этого излучения при рентгеновском возбуждении (рентгенолюминесценции) свидетельствует о том, что центры, ответственные за это свечение, по-видимому, слабо взаимодействуют с кристаллической решеткой и являются автономными образованиями. Такими образованиями могут быть примесные органические молекулярные центры типа MO_m^n , PO_2^- , NO_2^- и др. [4].

Для подтверждения причины свечения за счет органического вещества и/или наличия в образцах органоминеральных молекул была проведена инфракрасная спектрометрия. При анализе ИК-спектров определено наличие азотсодержащих соединений – первичных и вторичных аминов и их родственных соединений. Данные соединения отражаются в интервалах 3500...3100 и 1700...1600 cm^{-1} и соответствуют первые – валентным связям, вторые – деформационным связям. В изучаемых прослоях связи в области 3500...3100 cm^{-1} отсутствуют, либо

проявлены очень слабо. Рассматривая деформационные связи, в виде вторичных аминов было обнаружено, что они регистрируются со смещением в область ИК-спектра с малыми волновыми числами, т.е. в область неорганических и металлоорганических соединений. Все виды соединений вторичных аминов проявляются на полосах 1662, 1650, 1640, 1628 см⁻¹ с дуплетом на 1645 и 1612 см⁻¹.

Источником свечения (люминесцирования) могут быть химические соединения с участием азота, т.е. либо белки, либо их производные в геополимерах или порфиринах. Часто азо-соединения используются в качестве люминесцентных индикаторов [1].

Предполагается, что при постседиментационных процессах преобразования отложений в резко восстановительных условиях (что характерно для формирования пород баженовской свиты) с учетом поступления реакционноспособного пирокластического материала часть азота (азотистых соединений) остается в органических структурах керогена, а другая переходит в иловые воды в виде иона аммония (NH₄) и других азотсодержащих соединений. Сохранению азота в водах благоприятствуют застойность и восстановительные условия. Высвободившийся азот и его соединения могли захватываться путем адсорбции минеральными компонентами породы.

Таким образом, по результатам проведенного комплекса исследований причина свечения связывается с органическим веществом и/или его компонентами и с особенностями их преобразования в условиях «ураганного» поступления пирокластического материала при резкой смене условий в иловых водах, что привело к разложению органических компонентов осадка с появлением азотных форм связей, унаследованных от строения биоты в виде реликтовых форм соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90008.

Литература

1. Божевольнов Е.А. Люминесцентный анализ неорганических веществ. – М.: Изд-во «Химия», 1966. – 416 с.
2. Кондрашова Е.С. Минералогия, геохимия и природа свечения люминесцирующих прослоев баженовской свиты Западно-Сибирского осадочного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2020. – Т. 331. – № 8. – С. 123–135.
3. Кондрашова Е.С. Вулканогенные прослои в баженовской свите Западно-Сибирского осадочного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – Томск, 2021. – Т. 332. – № 3. (в печати).
4. Таращан А.Н. Люминесценция минералов. – К.: «Наук. Думка», 1978. – 296 с.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЗМА БЛЕКЛЫХ РУД УЧАСТКА ЭМИ СВЕТЛИНСКОГО ЭПИТЕРМАЛЬНОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Левочская Д.В.^{1,2}, Лесняк Д.В.^{1,2}, Якич Т.Ю.²

Научный руководитель - профессор А.К. Мазуров

¹Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Светлинское эпитеpmальное рудное поле расположено в южной части Охотского района Хабаровского края в Ульяновском прогибе Охотской ветви Охотско-Чукотского вулканогенно-плутонического пояса, выполненном меловыми вулканогенно-осадочными породами [4]. Ульяновский прогиб осложнен поздне-меловыми вулканическими структурами, к числу которых принадлежит Секчинская вулканогенно-тектоническая депрессия (50×28 км), к юго-западной части которой приурочено рудное поле Светлое [7]. В этом районе широко развита разрывная тектоника. Выделяются региональные разломы северо-восточного простирания (продольные по отношению к Охотско-Чукотскому поясу), к числу которых принадлежит Дюльбакинский разлом, проходящий по площади рудного поля. Синвулканические разломы, ограничивают и осложняют кольцевые вулканоструктуры. К последним тяготеют субвулканические и интрузивные тела, поля гидротермально-измененных пород [6].

Площадь Светлинского рудного поля сложена метасоматически измененными поздне-меловыми вулканитами кислого состава уражской свиты и несогласно залегающими на них вулканитами среднего состава хетанинской свиты. Промышленное золотосеребряное оруденение установлено на участках Елена, Тамара, Людмила, Лариса и Эми. Рудные запасы Светлинского рудного поля на 01.01.2020 оценены в 435 тысяч унций золота при среднем содержании 2.6 г/т и 0.6 миллиона унций серебра при среднем 4 г/т; минеральные ресурсы – 133 тысячи унций золота (2.4 г/т) и 0.2 миллиона унций серебра (3 г/т) соответственно [9]. При этом наиболее разнообразная рудная минерализация, в пределах которой помимо пирита широко развиты блеклые руды переменного состава, ассоциирующие с теллуридами золота и серебра приурочена к участку Эми, что и послужило причиной выбора объекта данного исследования.

В пределах участка Эми околорудные изменения вмещающих пород представлены вторичными кварцитами и иллитовыми аргиллизитами [7]. Метасоматиты имеют интенсивную дифференциацию, выраженную в чередовании как крупных зон типичных разновидностей кварцитов и аргиллизитов, так и узких зон (в масштабе от долей до первых метров) с различным соотношением филлосиликатов. Рудные залежи имеют линзо-, плитообразную форму с простиранием в северных румбах и падение на восток под углом 55°.

Для установления вертикальной изменчивости химизма блеклых руд в разрезе скважин был опробован керн 4 скважин и отобраны сколковые пробы с бортов карьера участка Эми. Отбор проб производился из скважин,