

золота в зоне окисления чрезвычайно неблагоприятны [1]. По результатам исследования, З.А. Козловской, вслед за Ф.В. Чухровым, считает, что в зоне окисления так называемое вторичное золото не создает сколько-нибудь значительных зон обогащения [5]. В большинстве случаев имеет место относительное обогащение золотом вследствие выветривания и сокращения в объеме вмещающей массы. Процессами гипергенного переотложения золота можно объяснять, например, наличие среди сыпучек месторождения Сувенир проволоочного маховидного золота высокой пробы (рис. 2); при гипергенном переотложении количество серебра в золоте уменьшается.

Тонкодисперсное золото характерно для метаморфогенных и колчеданно-полиметаллических месторождений. В рудах месторождений других типов оно занимает подчиненное положение в сравнении с видимым. О «невидимом» золоте в сульфидах известно давно, именно его присутствием в рудах объяснились значительные потери металла при флотации. То же самое характерно и для зоны окисления некоторых месторождений. К тонкодисперсному, субмикроскопическому относится золото, размеры частичек которого составляют от долей микрона до 10 микрон, часто не обнаруживаемое в обычном микроскопе. Вопросам минералогии тонкодисперсного золота Казахстана посвящено ограниченное количество работ. Однако этого достаточно для того, чтобы определить специфичность условий формирования руд с тонкодисперсным золотом. Изучение форм тонкодисперсного золота оказалось возможным лишь благодаря созданию методов электронной микроскопии [3]. Анализ фактического материала показывает, что тонкодисперсное золото имеет очень большое распространение в рудах разнообразных генетических типов. Такое золото было известно в колчеданных месторождениях Западного Алтая еще в прошлом столетии [5]. В рудах колчеданно-полиметаллического месторождения Сувенир [4] раннее тонкодисперсное золото входит в состав сульфидов. Такое же субмикроскопическое золото установлено в зоне окисления этого месторождения. Значительное количество тонкодисперсного золота (рис. 3) зафиксировано в рудах ряда месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации и в месторождениях, приуроченных к площадям развития осадочных пород с высоким содержанием углеродистого вещества [1]. Результаты изучения распределения золота в зоне окисления колчеданно-полиметаллических руд показали, что в распределении в ней золота определенной закономерности нет. Было отмечено, что в полосчатых кварц-барит-ярозитовых рудах колчеданных месторождений содержание золота примерно одинаково (20...25 г/т) независимо от глубины их распространения. Основная масса субмикроскопического золота в рудах связана с ярозитом. Микроскопические размеры золотин и его преимущественная связь с ярозитом позволяет высказать предположение о сингенетичности золота с вмещающими его ярозитом в условиях, сходных с гидротермальными. Существует мнение, что тонкодисперсное золото, заключенное в сульфидах, находится в весьма благоприятных условиях [5].

Литература

1. Крейтер В.М., Аристов В.В., Волюнский И.С. и др. Поведение золота в зоне окисления золото-сульфидных месторождений. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 266 с.
2. Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. – ОНТИ НКТП СССР: Ленинград, 1936. – 287 с.
3. Росляков Н.А. Геохимия золота в зоне гипергенеза. – Новосибирск, Наука, 1981. – 238 с.
4. Смирнов С.С. Зона окисления сульфидных месторождений. М.: Изд. АН СССР, 1951. – 335 с.
5. Чухров Ф.В. Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана. – М.: Изд. АН СССР. – 1950. – 234 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОСОЕДИНЕНИЙ В УГЛЕФИЦИРОВАННОМ ВЕЩЕСТВЕ ПЛАСТА

А.А. Дмитриенко

Научный руководитель доцент В.П. Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Доподлинно известно, что угленосные отложения в той или иной степени являются металлоносными. Металлы, присутствующие в углях, могут находиться в виде минералов, например, часто встречающегося пирита, или в виде металлоорганических соединений, которые имеют большой научно-практический интерес. В некоторых угленосных пластах содержание металлов может достигать промышленных концентраций, и вопросу изучения металлических примесей в углях посвящены работы многих авторов. Особое внимание следует обратить на труды С.И. Арбузова, в которых он неоднократно доказывает содержание промышленных концентраций металлов и редких элементов в углях не только Кузбасса, но и многих месторождений Сибири и России в целом [1, 2]. Так, методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой им был исследован пласт Двухаршинный Черногорского месторождения Минусинского бассейна и в угле установлено наличие металлических примесей, превышающих кларковые содержания.

Расширяя исследования в части определения видов металлосоединений в углефицированном веществе, автором данной публикации был изучен пласт Двухаршинный методом инфракрасной спектроскопии [3] с применением комплексного автоматизированного экспресс-анализатора АПК «Спектротест», созданного на основе колебательной ИК-спектроскопии. Целью исследования было проведение структурно-группового анализа для определения структурно-генетических показателей [6, 7] углефицированного вещества и выявления частот ИК-спектра в области металлосоединений, хорошо описанных в работах [8, 9]. Информация данных авторов была получена на «чистых» химических веществах, поэтому была использована как справочная для определения отдельных элементов в углефицированном веществе.

Пробы геохимического опробования в количестве 23 штук подверглись детальному спектрометрическому изучению по выявлению частот в диапазоне 400...600 см⁻¹, соответствующем справочным металлоорганическим соединениям. В качестве примера продемонстрированы результаты исследования по трем наиболее представительным пробам пласта Двухаршинного: из зоны почвы пласта (рис., линия а), центра (рис., линия б) и из предкровельной зоны пласта (рис., линия в).

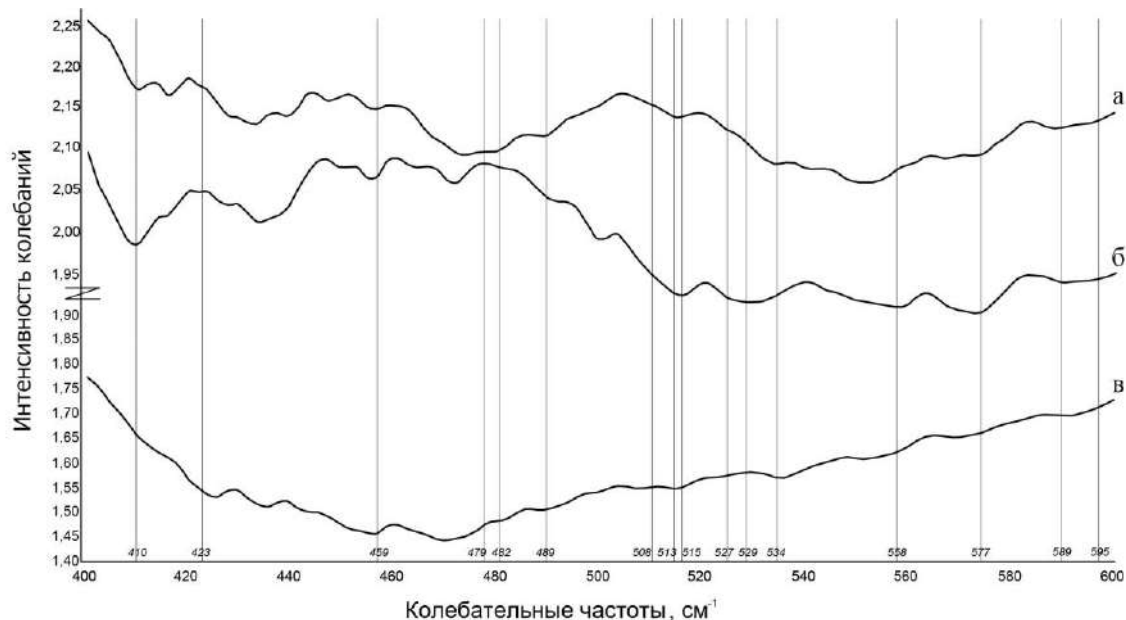


Рисунок. Характерные частоты ИК-спектра в диапазоне 400...600 см⁻¹ углефицированного вещества пласта Двухаршинного

В таблице приведены результаты геохимических исследований и справочные данные о характерных колебательных частотах металлоорганических соединений. Из неё видно, что, как правило, элемент фиксируется на двух неповторяющихся частотах, но есть случаи, когда на одной и той же частоте могут фиксироваться различные металлы, например, частоте скелетных колебаний 482 см⁻¹ соответствуют элементы вольфрама W⁶⁺ и железа Fe²⁺.

Таблица

Содержание основных металлосоединений в угле пласта Двухаршинного и характерные для них частоты ИК-спектра

Элемент	Содержание в угле по данным ICP MS, г/т			Частота скелетных колебаний, см ⁻¹ , [8, 9]	
	Вблизи почвы	В центре пласта	Вблизи кровли		
Cd ²⁺	0,187	н/о*	н/о	460	525
Pb ⁴⁺	5,09	27,65	9,64	459	476
Sn ⁴⁺	0,973	2,03	0,853	508	529
W ⁶⁺	4,14	8,49	2,56	410	482
Sn	0,973	2,03	0,853	513	527
Cr ³⁺	38,07	5,39	34,51	479	
Ge ⁴⁺	н/о	н/о	н/о	558	595
Hg ²⁺	133*	н/о	н/о	515	538
Sb ⁵⁺	н/о	0,64	4,2	514	
Se ²⁺	н/о	н/о	н/о	589	
Te ²⁺	н/о	н/о	н/о	534	
Ti ⁴⁺	0,32	н/о	н/о	489	577
Fe ³⁺	3,2			423	
Fe ²⁺	н/о	1,9	0,78	482	

*Содержание в мг/т, н/о – не обнаружено.

В этом случае необходимо учитывать, что в почве элемент Fe²⁺ не обнаружен, а в центре и в кровле железо могло быть трёх и двухвалентным, и, более того, этот элемент в разных формах не подтверждается дублирующей частотой. В этом случае вероятнее присутствие в почве, в центре и кровле шестивалентного вольфрама (W⁶⁺), однако для этого утверждения необходимы другие виды исследования, например, исследования с помощью электронного микроскопа.

Таким образом, качественные характеристики и свойства углефицированного вещества в работах [4, 5] при анализе части спектра в диапазоне $350...1000\text{ см}^{-1}$ дают полную характеристику исследуемого вещества, а именно, отражают не только его структуру функциональных связей и структурно-генетический состав, но и геохимию в виде металлосоединений органоминеральной составляющей структуры углефицированного вещества. В целом же, это расширяет информативную область о биогеохимическом происхождении углефицированного вещества, тем самым позволяя устанавливать характер накопления металлов в углефицированном веществе.

Литература

1. Арбузов С.И. Металлоносность углей Сибири // Известия Томского политехнического университета, 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 77 – 83.
2. Арбузов С.И., Волостнов А.В., Ершов В.В., Рихванов Л.П., Миронов В.С., Машенькин В.С. Геохимия и металлоносность углей Красноярского края. – Томск: Изд-во «СТТ», 2008. – 300 с.
3. ГОСТ 32246 – 2013. Угли каменные. Метод спектрометрического определения генетических и технологических параметров.
4. Дмитриенко А.А. О возможности применения инфракрасной спектроскопии для определения марки и технологической группы углей // Кокс и химия, 2018. – № 5. – С. 15 – 20.
5. Иванов В.П., Станкевич А.С. Влияние спектральных характеристик окисленности и восстановленности углей на их технологические показатели // Кокс и химия. – 2003. – № 9. – С. 21–23.
6. Иванов В.П. Комплексная оценка генетических и технологических свойств углей с применением ИК-спектроскопии // Основные направления геологоразведочных и научно-исследовательских работ на твёрдые горючие ископаемые в современных экономических условиях: XIII Всероссийское угольное совещание, 22-25 апреля 2014 г., Ростов-на-Дону. – Ростов-на-Дону: ВНИГРИуголь, 2014. – С. 135–138.
7. Иванов В.П. Комплексная оценка каменноугольно-пермских угленосных отложений и разработка промышленно-энергетической классификации ископаемых углей: Дис. докт. геол.-минер. наук. – Томск, 2015. – 382 с.
8. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
9. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. – М., 2012. – 55 с.

ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМЕРОВ ПОДУШЕЧНЫХ ЛАВ ОТ ВЯЗКОСТИ МАГМАТИЧЕСКОГО РАСПЛАВА

А.С. Иванова, Ю.В. Комарова

Научный руководитель доцент В.С. Исаев

*Южно-Российский государственный политехнический университет им. М.И. Платова,
г. Новочеркасск, Россия*

Шаровые лавы (пиллоу-лавы, подушечные, эллипсоидальные, глобулярные) – это лавы, образовавшиеся в результате подводного и реже наземного вулканизма, и получившие своё название за характерную форму (рис. 1).



Рис. 1. Обнажение подушечных лав средней юры в районе Красной поляны

Считается, что для образования подушечных лав при подводных извержениях обязательны три фактора: излияние лавы должно происходить сравнительно медленно; уклон поверхности вулканической постройки должен быть небольшим; вязкость расплава при этом должна быть достаточно высокой. Кроме этого, М.А. Гилярова и Е.И. Гуринова подчёркивают, что ещё одним из важнейших условий для формирования подушечных лав является обогащённость их летучими компонентами [2, 3]. Этот фактор подтверждается часто наблюдаемой миндалекаменной текстурой подушек. Причём миндалины обычно приурочены к верхней их части (рис. 2). Подушечные лавы имеют