

ЗОЛОТО И ПЛАТИНА В ПОРОДАХ ЧЕРНОСЛАНЦЕВОЙ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МОРСКОГО БАССЕЙНА

А.Г. Замирайлова, Ю.Н. Занин, В.Г. Эдер

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, 630090 Новосибирск 90, пр. акад. Коптюга, 3, Россия

Концентрация золота и платины в глинисто-кремнистых породах и аргиллитах баженовской свиты измеряется тысячными и сотыми долями г/т при более высоком содержании того и другого элемента в первой из этих пород, характеризующихся повышенным содержанием органического углерода, пирита и значений восстановительного режима среды формирования отложений в условиях более медленного темпа седиментации.

золото, платина, черные сланцы, баженовская свита верхняя юра-нижний мел, Западная Сибирь

GOLD AND PLATINUM IN THE ROCKS OF THE BLACK SHALE BAZHENOV FORMATION OF THE WEST SIBERIAN MARINE BASIN

A.G. Zamirailova, Yu.N. Zanin, V.G. Eder

The concentration of gold and platinum in the clay-siliceous rocks and argillites of the Bazhenov Formation is measured in thousandths and hundredths of ppm with a higher content of the two elements in the first of these rocks which are characterized by a high content of the organic carbon, pyrite and the values of the reductive mode of the formation of deposits in the environment conditions over the slow rate of the sedimentation.

gold, platinum, black shale, Bazhenov Formation, Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Western Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Баженовская свита Западно-Сибирского морского бассейна распространена на обширной территории, превышающей 1 млн км² [2]. Возраст свиты определяется как верхняя юра (титон-волжский ярус) – нижний мел (берриас) [7]. Мощность свиты на преобладающей части области ее распространения составляет 20–30 м, изменяясь от 10 до 60 м, редко более. Глубина залегания подошвы свиты по изученным авторами скважинам колеблется от 1148 до 3280 м. Свита слагается достаточно широким набором компонентов, позволяющим выделять различные петрографические типы пород. Нами все многообразие пород свиты (без учета карбонатных и т.п., аномальных, занимающих в свите сравнительно небольшое место) подразделено на две группы: глинисто-кремнистые, занимающие порядка 2/3 объема свиты, являющиеся продуктом медленной фоновой седиментации, и аргиллиты, занимающие преобладающую часть остающегося ее объема, сформированные в результате более быстрого выпадения материала из турбидитных потоков.

Работа авторов по изучению содержания золота и платины в черных сланцах баженовской свиты имеет целью рассмотреть распределение концентраций этих элементов в свите в зависимости от состава пород, в первую очередь содержания органического углерода и пирита, темпа седиментации и окислительно-восстановительных условий формирования

отложений, с учетом возможного влияния наложенных процессов. Настоящая заметка отражает начальный этап этих исследований.

МЕТОДИКА РАБОТ

Отобранный материал анализировался методами рентгено-флуоресцентным и «мокрой химией» на содержание основных породообразующих компонентов, а также определялось содержание органического углерода. Для реконструкции окислительно-восстановительных условий формирования отложений использовался метод определения степени пиритизации железа (СП), как отношения содержания железа пиритного в породе к сумме этого железа и содержащегося в солянокислой вытяжке [12]. Определение содержания золота и платины проводилось методом атомной абсорбции. Анализы выполнялись в аналитических лабораториях Института геологии и минералогии СО РАН.

Для анализа было отобрано 10 проб по пять по каждому типу пород (глинисто-кремнистые и аргиллиты) по одной из скважин Малобалыкской площади в центральной части Западно-Сибирского бассейна (рис. 1) с глубин в интервале 2883–2905 м.



Рис. 1. Месторасположение изученной площади. Контурная линия отвечает границе Западно-Сибирского морского бассейна.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приведен химический состав глинисто-кремнистых пород и аргиллитов по отобранным пробам, включая содержания золота и платины.

Таблица 1. Компонентный состав пород баженовской свиты (Малобалыкская площадь)

№№ образцов/ глубина отбора, м	Содержание													СП				
	g/m		%															
	Au	Pt	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ (общ.)	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Sc-т		Sc-д	CO ₂	Сорг	Пирит
Аргиллиты																		
1/2883,40	0,008	0,005	53,41	0,80	18,66	6,47	2,58	2,06	0,03	1,35	3,47	0,13		2,19	2,35	2,92	4,10	0,57
2/2889,91	0,017	0,005	54,13	0,79	18,12	7,60	1,81	2,69	0,07	1,40	3,31	0,20	0,07	2,08	2,35	1,86	3,89	0,44
3/2991,93	0,023	0,005	57,17	0,82	19,06	4,52	1,14	1,79	0,04	1,77	3,51	0,22		1,97	0,94	2,62	3,69	0,74
4/2893,91	0,013	0,005	52,18	0,71	17,04	6,90	3,67	1,64	0,04	1,40	2,97	0,18	0,02	4,05	2,12	2,92	7,58	0,89
5/2894,85	0,048	0,006	48,51	0,69	15,85	4,62	5,04	2,13	0,05	1,48	2,58	0,24	0,08	2,42	5,18	6,79	4,52	0,79
Среднее	0,02	0,01	53,08	0,76	17,74	6,02	2,85	2,06	0,05	1,48	3,17	0,19	0,06	2,54	2,59	3,42	4,76	0,69
Стандартное отклонение	0,02	0,00	3,15	0,06	1,30	1,39	1,55	0,40	0,01	0,17	0,39	0,04	0,03	0,86	1,56	1,93	1,61	0,18
Глинисто-кремнистая порода																		
6/2900,28	0,067	0,011	41,01	0,22	4,64	7,54	13,56	1,58	0,02	0,65	0,78	0,39	0,07	5,86	1,18	10,89	10,96	0,97
7/2901,60	0,006	0,010	55,51	0,43	8,81	5,55	3,01	0,92	0,02	1,09	1,58	0,14	0,06	4,47	2,47	12,64	8,36	0,88
8/2902,80	0,089	0,015	54,54	0,33	6,82	4,45	1,11	0,52	0,01	0,92	1,22	0,15	0,05	4,29	0,61	20,89	8,03	0,97
9/2904,65	0,005	0,016	50,74	0,30	6,25	5,42	1,39	0,50	0,01	0,93	1,06	0,07	0,09	5,23	0,88	21,35	9,78	0,93
10/2905,00	0,009	0,013	48,74	0,33	7,18	6,69	0,61	0,57	0,01	0,90	1,21	0,10	0,17	5,92	0,34	20,46	11,07	0,96
Среднее	0,035	0,013	50,11	0,32	6,74	5,93	3,94	0,82	0,01	0,90	1,17	0,17	0,09	5,15	1,10	17,3	9,64	0,94
Стандартное отклонение	0,04	0,00	5,78	0,08	1,51	1,20	5,46	0,46	0,01	0,16	0,29	0,12	0,05	0,76	0,83	5,05	1,42	0,04

Общая характеристика распределения содержаний золота и платины в свите

Среднее содержание золота по проанализированным пробам в глинисто-кремнистых породах баженовской свиты составило $0,035 \pm 0,04$ г/т, в аргиллитах – $0,022 \pm 0,016$ г/т, содержание платины, соответственно $0,013 \pm 0,002$ и $0,005$ г/т. А.Ф. Коробейников [5] определяет среднее содержание золота в черных сланцах как $19,70 \times 10^{-7}\%$, т.е. как $0,0197$ г/т. Это значение отвечает нашему содержанию элемента в аргиллитах и в два раз ниже его содержания в глинисто-кремнистых породах. М.П. Кетрис и Я.Э. Юдович [9] приводят средние значения содержания золота в кремнистых и терригенных черных сланцах как $0,0085$ и $0,0088$ г/т, соответственно. Но в золотоносных черных сланцах оно измеряется не ниже, чем десятными долями грамма и граммами на тонну, т.е. в общем виде на один–два порядка и более превышая наши значения, достигая и существенно более высоких величин. Содержания платины в платиноносных черных сланцах колеблются от десятых долей до первых граммов на тонну [3], т.е. так же, как и золото, на один–два порядка превышая его содержание в изучаемых нами отложениях. В.А. Гавшин и В.А. Захаров [10] ранее определили содержание золота в породах свиты как $0,004$ г/т. Определения содержаний платины в свите нам неизвестны.

Содержания органического углерода

Роль органического вещества в золото-платиновом оруденении рассматривалась в публикациях с различных позиций – условий мобилизации материала, его переноса и концентрации [8]. Мы в данном аспекте можем говорить лишь о сопряженном содержании органического углерода и концентрации рассматриваемых элементов в наших породах, что анализировалось некоторыми авторами. Как видно из таблицы 1, более высокие содержания золота и платины характеризуют глинисто-кремнистые породы, отвечающие также и более высоким содержаниям органического углерода по сравнению с аргиллитами, т.е. корреляция здесь прямая. Однако это изменение содержаний тех и других компонентов не является идентичным. Если содержание органического углерода в глинисто-кремнистых породах относительно аргиллитов возрастает в пять раз, то золота – в 1,75 раза, платины – в 2,6 раза. Можно осторожно предполагать более важную роль органического углерода в свите на концентрацию платины относительно золота.

Содержание пирита

Целый ряд авторов связывают концентрацию рассматриваемых элементов в породах главным образом с пиритом. Содержание пирита в глинисто-кремнистой породе в 2,02 раза выше, чем в аргиллите. Эта величина является средней между приведенными выше значениями превышения в этой породе содержаний золота и платины относительно аргиллита, но все же более близкой к соответствующему значению для золота. В целом нам представляется возможным принять концепцию о

важной роли пирита в концентрации золота и платины в черных сланцах баженовской свиты, допуская некоторый акцент в отношении золота.

Содержание глинистого и кремнистого материала

Отношение содержания золота в глинисто-кремнистой породе к содержанию его в аргиллите составляет 1,52, тогда как для платины величина подобного отношения не ниже 2,6, т.е. платина концентрировалась в глинисто-кремнистой породе более интенсивно, чем золото. Отношение содержания золота к платине в глинисто-кремнистой породе составляет 2,69, в аргиллите – 4,4, т.е. относительная концентрация золота здесь носила иной характер, чем платины. Можно думать, таким образом, что глинисто-кремнистая порода представляется более активным концентратором платины, чем аргиллит, тогда как для золота картина обратная. Поскольку глинисто-кремнистые породы сложены главным образом реликтами биогенного материала, нельзя исключить, что платина интенсивнее захватывалась биогенными формами, чем золото, т.е. она в большей степени привносилась в бассейн седиментации в растворах, тогда как для золота можно скорее допустить самородную форму, которая, однако, и здесь не являлась преобладающей, имея в виду пониженное содержание элемента в аргиллитах с преобладающим содержанием терригенного (глинистого) материала.

Катагенез и температурный режим; другие наложенные процессы

Факторами концентрации золота и платины в черных сланцах, по данным различных авторов, могут выступать катагенез и метаморфизм, эндогенная деятельность разного рода, метасоматоз. В породах свиты на большей части площади ее развития какие-либо реальные эндогенные проявления отсутствуют, и соответствующий вопрос здесь снимается. Некоторые авторы [1] в качестве единственной движущей силы концентрации благородных металлов в черных сланцах рассматривают катагенез, не указывая, однако, какой интенсивности, по общепринятым шкалам, он для этого должен достигать. Уровень катагенеза по кровле баженовской свиты на площади отбора образцов, по А.Н. Фомину [6] отвечает градации $МК_1^2$, что соответствует температурному режиму 130–155 °С. Не вдаваясь в дискуссию, может ли катагенез без дополнительного поступления благороднометалльного материала в черные сланцы способствовать достижению этими элементами промышленных концентраций, мы можем лишь констатировать, что на указанной его градации в изученной породе этого не происходит. Однако на некоторых участках баженовская свита претерпела катагенез значительно более высокого уровня, чем в нашем случае; в печати также приводились фотографии пород из отложений свиты, которые можно рассматривать как эффузивные. Влияние этих факторов на возможную повышенную концентрацию золота и платины в баженовской свите в данных случаях требует отдельного изучения.

Окислительно-восстановительный режим формирования отложений

Мы не встретили в литературе градаций содержания благородного оруденения в зависимости от показателей окислительно-восстановительных обстановок, хотя общие

указания на роль восстановительного режима на концентрацию минералов платиновой группы приводятся [11]. В баженовской свите степень пиритизации железа, характеризующая этот режим, составляет для глинисто-кремнистых пород 0,94 и для аргиллитов 0,69, т.е. уровень восстановленности среды образования отложений был в последнем случае значительно ниже, но в обоих случаях он отвечает восстановительному режиму.

Темп седиментации

Ранее было показано, что темп седиментации материала глинисто-кремнистых пород, отвечавший фоновому осадконакоплению, был значительно ниже по сравнению с материалом аргиллитов, рассматриваемом как продукт выпадения из турбидитных потоков [4, 13]. Более низкий темп седиментации материала глинисто-кремнистых пород способствовал, на наш взгляд, более полному связыванию рассматриваемых элементов органическим углеродом и пиритом, а возможно и глинистым материалом, из растворов, где по крайней мере часть их находилась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среднее содержание золота в изученных образцах черносланцевой верхнеюрской-нижнемеловой баженовской свиты Западно-Сибирского морского бассейна составило в глинисто-кремнистых породах $0,035 \pm 0,04$ г/т, в аргиллитах – $0,022 \pm 0,016$ г/т, то же для платины: $0,013 \pm 0,002$ и $0,005$ г/т. Повышенная концентрация золота и платины в глинисто-кремнистых породах относительно аргиллитов отвечает повышенному содержанию в первых из них органического углерода, пирита, наряду с более высокими показателями восстановительного характера среды формирования отложений и с более медленным темпом седиментации.

Авторы искренне благодарны Н.М. Глухой, Л.А. Горчуковой, Н.Г. Кармановой, А.Н. Торянику, И.М. Фоминых за химические анализы пород баженовской свиты, В.Н. Ильиной и В.Г. Цимбалист за определения золота и платины и Г.П. Турковой за определение содержаний органического углерода,

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 13-05-00059.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарьковец В.Г. О выделении кызылкумского типа сингенетично-эпигенетических месторождений // Докл. АН. СССР, 1973. Т. 208. № 1. С. 163–165.
2. Гурари Ф.Г., Вайц Э.Я., Меленевский В.Н и др. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. М.: Недра, 1988, 200 с.
3. Гурская Л. И. Платинометальное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.

4. Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Некоторые аспекты формирования баженовской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна // Литосфера, 2005. № 4. С. 118–135.
5. Коробейников А.Ф. Особенности распределения золота в породах черносланцевых формаций // Геохимия, 1985. № 12. С. 1747–1757
6. Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. Новосибирск. ИНГГ СО РАН, 2011. 331 с.
7. Шурыгин Б.Н. Никитенко Б.Л. Девятов В.П. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: из-во СО РАН филиал «ГЕО», 2000. 481 с.
8. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ Наука, 1994. 304 с.
9. Ketris M.P., Yudovich Ya.E. Estimations of clarkes for carbonaceous biolithes: world averages for trace element contents in black shales and coals // Int. J. Coal. Geol., 2009. V. 78. № 1. P. 135–148.
10. Gavshin V.M., Zakharov V.A. Geochemistry of the Upper Jurassic – Lower Cretaceous Bazhenov formation, West Siberia // Econ. Geol., 1996. V. 91. № 1. P. 122–133.
11. Pašava J. Anoxic sediments – an important environment for PGE an over-view // Ore Geology Rreviews, 1993. V. 8. № 5. P. 425–436.
12. Raiswell R., Buckley F., Berner R.A. et al. Degree of pyritization of iron as a paleoenvironmental indicator of bottom-water oxygenation // J. Sediment. Petrol., 1988. V. 58. № 5. P. 812–819.
13. Zanin Yu.N., Eder V.G., Zamirailova A.G. Composition and formation environments of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous black shale Bazhenov Formation (the central part of the West Siberian Basin) // Marine and Petroleum Geology, 2008. V. 25. P. 289–306.