

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГИДРОЛОГИЯ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.8.01

DOI:10.7242/echo.2023.3.1

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ПОРОДАХ И СВЯЗЬ С НИМИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

А.С. Борисов, А.Ф. Сметанников
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация. В представленной работе проведен обзор особенностей типизации и распространения органического вещества (ОВ) в углеродистых сланцах и углеродсодержащих породах. Рассматриваются особенности распределения золота в месторождениях, локализованных в углеродсодержащих породах и связь с ними органического вещества. Рассматривается также возможная связь золота и платиноидов с растворимым органическим веществом, происхождение которого связано с органикой сапропелевого типа. Прогнозируется возможность связи благородных металлов с растворимым органическим веществом углеродистых сланцев, черных сланцев и горючих сланцев.

Ключевые слова: Углеродистые и углеродсодержащие породы, золото, платиноиды, нерастворимый остаток, растворимое органическое вещество (РОВ), нерастворимое органическое вещество (НОВ), кероген, битумоиды.

Введение

Одна из актуальных задач, связанных с острой необходимостью увеличения ресурсных запасов благородных металлов, является исследование концентраций (месторождений) этих металлов в углеродистых и углеродсодержащих осадочных породах и связь функциональной роли углеродистого (органического) вещества с концентрированием золота и металлов платиновой группы (МПГ). Содержания золота в углеродсодержащих породах, как правило, низкие (1,5-2,5г/т), и увеличение содержания золота в 1-2 раза влияют на увеличение запасов в огромных пределах.

Кроме того, поскольку с органическим веществом связывается не только золото, но и металлы группы МПГ, перспективы углеродсодержащих и углеродистых пород в качестве и источника благородно-металльного сырья возрастают неизмеримо.

Исследованием «черных сланцев» в разные годы занимались: Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис (1988г.), В.В. Дистлер (2003г.), В.А. Буряк (1997г.), А.И. Ханчук (2008г.), Л.Г. Марченко (2011г.) и многие другие.

Ранее (А.Ф. Сметанников, Д.В. Шанина, 2006) было выявлено, что в нерастворимых остатках (Н.О.) соляных пород благородные металлы (Au, Pd, Pt, Ag) связаны с органическим веществом (ОВ) сапропелевого происхождения (ХБА и СББ битумоиды). Позднее было выявлено, что ОВ подобного состава присутствует и в породах другого состава (черные сланцы западного склона Урала Ольховский участок и др.). В этих породах помимо промышленных концентраций золота связанных с сульфидной минерализацией обнаружены концентрации золота и МПГ связанные с органическим веществом (А.С. Борисов, 2019).

Исследованиями черных сланцев, содержащих ОВ, по методикам, разработанным для Н.О. соляных пород, установлено, присутствие промышленных концентраций Pd, Pt, Ag, связанных с органическими соединениями сапропелевого типа (А.Ф. Сметанников, Д.В. Оносов и др. 2013г.).

Исследования показали, что ОВ подобного состава присутствует в месторождениях золота локализованных в углеродистых сланцах Восточной Сибири и Приамурья. Это

месторождения, так называемого Сухоложского типа. Кроме того, ОВ подобного типа распространены и в горючих сланцах Коми и Прибалтики.

В представленном материале сделан обзор сведений о распространении и составе ОВ в различных породах содержащих углеродистое вещество и связи НОВ и РОВ.

О терминологии

После серии работ химика Д. ван Кревелена в 1963 установлено, что захороненное органическое вещество в осадочных породах это естественные полимеры или геополимеры. Синтез геополимеров проходит в 3 стадии: биохимического разложения осадков, поликонденсации и перехода в твердое состояние, конечным результатом которого является образование керогена. Роль катализаторов процессов синтеза геополимеров могут выполнять энзимы микроорганизмов, а также, что очень важно, переходные металлы (Д. Цудзи 1971 г.).

Керогены являются нерастворимым органическим веществом (НОВ), устойчивым к химическому воздействию. НОВ не реагируют с органическими и минеральными растворителями, со щелочами и кислотами и, даже при полном растворении силикатов в плавиковой кислоте, сохраняют свои основные физические и химические свойства.

В процессе поликонденсации и дальнейших термобарических преобразований керогены выделяют углеводороды, теряют функциональные группы и постепенно приближаются по составу к чистому углероду. Процесс обуглероживания керогенов закономерен и протекает последовательно в широком диапазоне температур и давлений - от низких их величин на стадии диагенеза, до достаточно высоких их значений в фациях зеленых сланцев. (Б. Тиссо, В. Вельте 1981).

По фациально-генетическим признакам ОВ участвующее в процессах синтеза керогена подразделяется на сапропелевое, гумусовое и смешанное. В европейской классификации выделено 3 типа керогенов (табл. 1).

Таблица 1

Типы керогена

Кероген 1 тип	Кероген состоит в основном из липидного материала водорослей и микробов, в нем преобладают алифатические структуры. Содержание полиароматических ядер и гетерогенных связей невелико. Кислород находится главным образом в сложноэфирных связях.
Кероген 2 тип	Содержание водорода здесь достаточно высокое, но меньшее, чем в первом типе, содержание кислорода более высокое. В керогене этого типа большое значение приобретают полиароматические ядра, гетероатомные группы кетонов, карбоксильные группы кислот и сложноэфирные связи. В нем обычно присутствует сера, локализуясь в гетероциклах. Формируется в результате отложения и накопления и преобразование морских организмов (сапропелевое ОВ) и незначительного привноса наземных организмов (гумусовое ОВ) (фито- и зоопланктон, бактерии с участием принесенного в бассейн ОВ высших растений).
Кероген 3 тип	В керогене этого типа низкое содержание водорода. Содержит преимущественно конденсированные полиароматические ядра и кислородсодержащие функциональные группы при отсутствии сложноэфирных группировок. Характерны длинные алифатические цепочки, унаследованные от восков высших растений. Образован в основном из остатков наземной растительности (гумусовое ОВ).

Компоненты ОВ извлекаемые из углеродистых пород органическими растворителями являются битумоидами (Растворимое органическое вещество (РОВ)). При геохимических исследованиях обычно используется хлороформ, экстрагирующий наиболее нейтральные, близкие к нефти по составу фракции ОВ, и спирто-бензол, извлекающий более кислые компоненты — смолы, кислоты. В таком случае выделяют соответственно хлороформенный битумоид (ХБ) и спирто-бензолный битумоид (СББ).

Доля битумоида в ОВ, или степень его битуминизации (коэффициент β), измеряется в мг/г. В практике геохимических исследований обычно рассчитывается битумоидный коэффициент, как отношение битумоида к содержанию общего органического углерода (Сорг) (О.В. Серебрянникова 2008).

Общий соотношение содержания битумоидов (РОВ) с разными типами НОВ в осадочных породах проиллюстрировано в таблице 2.

Таблица 2

Соотношение РОВ к разным типам НОВ

Основные стадии термической эволюции	Основные УВ генерированные керогеном	Степень битуминизации (Количество жидких УВ мг/г Сорг)		
		50	100	150
Диагенез	Метан			
Катагенез	Нефть			
	Жирный газ			
Метагенез	Метан			
Метаморфизм				

- Кероген 1 типа;
- Кероген 2 типа;
- Кероген 3 типа.

Объекты исследования

Объектами данного исследования представлены: углеродистыми сланцами Восточной Сибири и Забайкалья, «черными сланцами» Западного склона Урала и горючими сланцами Республики Коми. Их общей характерной особенностью является: наличие ОВ сапропелевой природы во вмещающих породах.

Содержание органической составляющей в породе, по данным разных авторов, варьируется в широких пределах и может достигать 70-80%. Содержание НОВ (керогена) и РОВ (битумоидов) как по составу ОВ, так и по его содержанию различно, и связано с условиями формирования этих пород.

«Черные» углеродистые сланцы Восточной Сибири и Забайкалья

В углеродистых сланцах Восточной Сибири и Приамурья открыты ряд крупных и уникальных месторождений благородных металлов. Вмещающие породы, как правило, характеризуются довольно низким содержанием ОВ (сапропелевого) и высокой степенью метаморфизма органического вещества, но их морское происхождение доказано многими исследователями ранее.

Таблица 3

Характеристика основных месторождений в углеродистых сланцах Сибири и Дальнего Востока

Тип пород	Месторождение	Среднее содержание в рудных интервалах М	НОВ и %	РОВ и %
Углеродистые филлитовидные сланцы	Вернинское	Au 3 г/т.	Кероген графитоподобный. Сорг от 0,4 до 3,7% в сланцах, от 0,2 до 1,1% в песчаниках.	Содержание битумоида 0,0038%,
Углеродсодержащие хлорит-кварц-серицитовые филлитовидные сланцы	Голец Высочайший	Au - 1,0-1,9 г/т; Ag – 0,5-1,2 г/т	Рассеянное графитоподобное вещество. От 0,6 до 5% масс	Содержание битумоида 0,003%
Рассланцованные углеродистые алевропесчаники	Дегдекан	Au от 0,9 до 2,26 г/т Ag 0,76 г/т	Органическое графитоподобное. Среднее содержание 2,5 %	Содержание битумоида 0,004%
Углеродистые березитизированные сланцы и алевролиты	Майское	Au – 11,5 г/т	Графит-антрацит и антраксолит-керит; до 1,4 %	Содержание битумоида 0,002%
Метапесчаники, метаалевролиты, углеродисто-глинистыми и глинистыми сланцами	Кавказ	Au – 1,5 г/т	Содержание Сорг до 1,6 %	Содержание битумоида 0,005%
Углеродистые глинистые сланцы и алевролиты	Ветренское	Au – 1,5 г/т По другим данным 3,22 г/т	Среднее Сорг - 2,26 %	Содержание битумоида 0,002%
Кремнистые алевролиты и кварцевые песчаники с прослоями углеродисто-глинистых сланцев	Красное	Au – 1,5 г/т По другим данным 1,02 г/т	Антраксолит и шунгит. Содержание Сорг 0,42 до 2,8	Содержание битумоида 0.013%
Серицит-альбит-кварцевыми, с подчиненными углеродсодержащими сланцами	Маломыр	Au – 2,5 г/т	Кероген в рентгеноаморфной форме. Содержание 1,0 %	Содержание битумоида 0.006%

Примеры месторождений

Сухой лог

Месторождение относится к гигантским, расположено в центральной части Ленского золоторудного района, приблизительно в 850 км от Иркутска.

Месторождение находится в пределах Крапоткинского золоторудного узла и локализовано среди вмещающих пород, которые представлены верхнепротерозойскими углеродистыми сланцами, песчаниками, филлитами метаморфизованными до низких степеней зеленосланцевой фации.

Основная масса рассеянного углеродистого вещества сланцев, из руд месторождения Сухой Лог, представлена в виде НОВ, являющегося неструктурированным графитоподобным веществом, возникшим в процессах катагено-метаморфогенных преобразований морских осадков докембрия (содержание в породе около 1%)

Содержание РОВ от 0,002 до 0,004%

На месторождении Сухой Лог изотопный состав углерода хлороформенного битумоида (ХБА) от -26,6 до -27,7‰, что указывает на биогенное морское происхождение исходного ОВ (сапропелевый тип) рудовмещающих толщ (Э.А. Развозжаева и др., 2007).

По данным авторов (И.Н. Будяк и др., 2015) содержание битумоида в образцах для Сухого Лога (карьер Западный) составило в среднем 0.011%.

Изотопный состав углерода также указывает на его морское происхождение.

В таблице 4 показаны содержания БМ и халькофильных элементов во фракциях битумоидов Сухого Лога (карьер Западный).

Таблица 4

Содержание БМ и халькофильных элементов во фракциях битумоида

Фракция	Масса (г)	Au	Ag	V	Cu	Zn	Ni
Н (АК)	0,0028	0,89	2,14	Н.о	185,7	134	17,1
Н (АСФ)	0,0019	1,3	0,92	10,3	39,6	316	12,1
НМ (АСФ)	0,0003	Н.о.	3,3	Н.о	250	2833	110
Р (АК)	0,0068	1,1	4,53	2,04	148	730	31
Р (АСФ)	0,0008	Н.о	1,25	Н.о	125	238	18
ПМ (АК)	0,0056	0,88	0,11	1,24	70,8	221	15,9
ПМ (АСФ)	0,0013	Н.о	1,85	Н.о	74	963	7
П (АК)	0,0125	0,24	0,8	0,4	64,5	307	31,5
П (АСФ)	0,0006	Н.о	2,5	Н.о	583	833	71,7

Так же по данным А.Е. Будяка и др. в породах присутствуют содержания платиноидов. На участке «Западный» содержания Pt варьируют от 0,1 до 1,7 г/т, при этом преобладают значения < 0,2 г/т. Pt не связана с пиритом, как золото, а большей частью входит в состав слюдисто-углеродистого агрегата, что объясняется формированием этой минерализации в углеродистой среде. Это подтверждается и экспериментальными исследованиями (В.К. Немеров и др., 2009), в результате которых было установлено, что

при взаимодействии биополимеров с катионными формами металлов (Au, Ag, ЭПГ) образуются наноконпозиты и восстановленные формы металлов. Согласно этому выводу благородные металлы в процессах рудообразования могли участвовать в виде природных металлоорганических наноконпозитов (А.Е. Будяк, В.К. Немеров, Э.А. Развозжаев и др. 2009).

По данным В.В. Дистлера, Н.П. Лаверова и др. на месторождении Сухой лог содержится платина, постоянно встречается палладий, но соотношение их обычно близко к 10:1. Иногда присутствуют и другие платиноиды. Богатые этим металлом участки рудных тел имеют сложную форму, локализуясь в верхах ареала золотых руд и в вышележащих породах, где нет промышленных концентраций золота. В нижней же части рудного тела платиновые металлы распределены крайне неравномерно и не образуют значительных скоплений.

Черные сланцы Западного Урала

Проявления БМ в «черных» сланцах Западного Урала. Переходя к углеродистым (черным) сланцам Западного Урала необходимо отметить, что содержания ОВ в них значительно больше (более 0,3%) им нередко приписывают миграционный характер распределения. Как правило, высокие концентрации, так или иначе приурочены к золоторудным концентрациям в зоне развития этих сланцев. Есть несколько перспективных участков Ольховский, Тесовски участки, Суринско-Промысловская и Ашкинская зоны, где развиты эти концентрации.

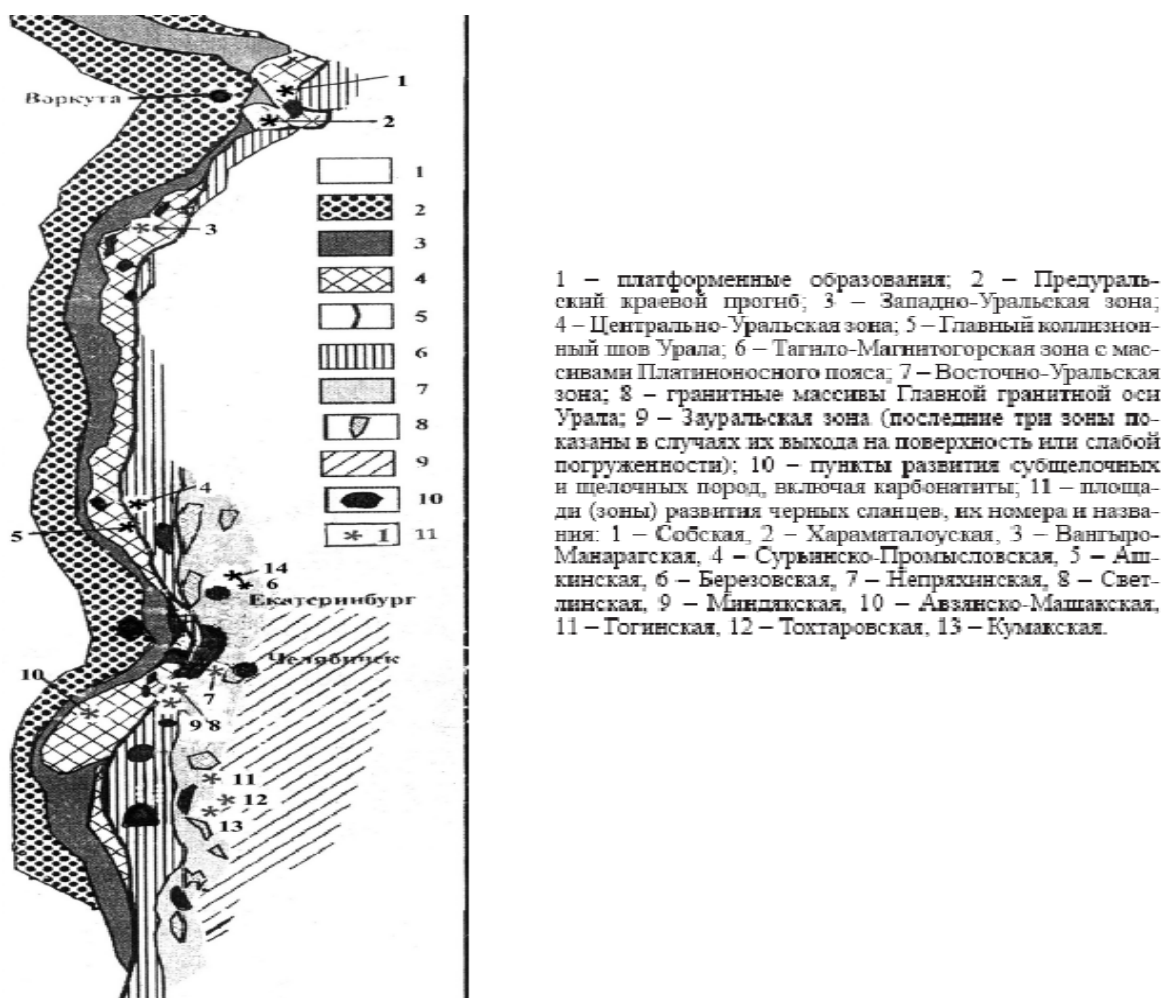


Рис. 1. Распространение черных сланцев в пределах Урала (В.Н. Сазонов 2010г.)

В пределах Предуральяского передового прогиба и Центрально-Уральского поднятия находятся «Ольховский» и «Тесовский» участки, входящие в зону распространения «черных сланцев» Урала.

На Ольховском и Тесовском участках проводились поисково-разведочные работы на золото. Работы завершились подсчетом ресурсов 116,4 т, но приняты только на баланс. Ранг месторождения не был получен, так как не была пройдена апробация ресурсов в ЦНИГРИ.

В породах Ольховского и Тесовского участка было установлено, что содержание битуминозных образований может достигать 25%, (среднее 3%) а само ОБ сапропелевого типа. Данные подтверждаются битуминологическими исследованиями, показанными в таблице 5 по Ольховскому и таблице 6 по Тесовскому.

Таблица 5

Битуминологический анализ. Ольховский участок

Скв	Глуб. м	Микрострографическая хар-ка	Содержание ХБА, % на породу	Содержание СББ, % на породу	Содержание гуминовых кислот, % на породу
350	188	В известняке в прослоях в зонах трещиноватости наблюдается черная коллоидная масса битуминозного в-ва, на отдельных участках обволакивающая зерна карбоната, иногда в виде	0,156	0,04	0,0001
350	191,8	Известняк с линзовидными включениями пиритизированного колломорфного битуминозного в-ва.		0,02	0,0001
350	197	Алевролит с мелким углистым детритом, в глинистом цементе примазки бурого битуминозного в-ва, в незначительном количестве наблюдается присутствие водорослевого детрита, мелких углистых частиц и единичных включений колломорфного гумусового ОБ,		0,118	0,0004
352	126,4	В карбонатных обломках брекчии наблюдается бурое и темно-бурое битуминозное Обломки брекчии сцементированы черным битуминозно-глинистым веществом.	0,118	0,08	0,0001

Таблица 6

Битуминоголический анализ. Тесовский участок

Скв.	Глуб, м	Микроструктурная характеристика	Содержание ХБА, % на породу	Содержание СББ, % на породу	Содержание гуминовых кислот, % на породу
307	109	Песчаник разноместный сидеритизированный с примазками желтовато-бурого (иногда черного) битуминозного вещества в межзерновом пространстве, наблюдаются единичные включения коллоидного гумусового ОВ с мелкими зернами пирита по битуминозному веществу.	-	0,08	0,0006

При поисковых работах в ходе определения золота в керновых и бороздовых пробах применялся традиционный атомно-абсорбционный анализ и пробирный анализ, которые не показали хороших результатов.

Определение золота в углеродсодержащих отложениях традиционными методами связано с большими трудностями, с которыми столкнулись при оценке многих месторождений, таких как Кумтор, Мурунтау, Сухой Лог и других.

Поэтому, исходя из специфики оруденения был применен пробирный метод анализа с щерберной плавкой и атомно-абсорбционным окончанием. Результаты помогли уловить довольно значительные концентрации золота не попавшие в анализ предыдущими методами. А с учетом проведенных дальнейших частных определений методом ПМС с подшихтовкой (А.Ф. Сметанников и др. 2009г.) хлоридами показали еще большее увеличение имеющихся содержания золота связанного с ОВ.

Исследовались отдельные проявления БМ в черных сланцах со схожим генезисом и сапропелевым типом органического вещества. Предварительное минералогическое опробование и технологическое тестирование (табл. 7; 8; 9; 10) так же дали положительные результаты. (А.Ф. Сметанников; С. Н. Шанина 2013).

Таблица 7

Минеральный состав проб черных сланцев

№ пробы	Минеральный состав пробы, вес%					
	Кварц	Плагиоклаз	Кальцит	Хлорит	Слюды	Сорг
Т/а 3508П	47	6	15	20	12	0,12
Т/а 4201П	28	4	51	9	8	0,14

Таблица 8

Содержание БМ в исходных пробах
(без предварительной шихтовки с хлоридами)

Проба	Содержание, г/г		
	Pd	Pt	Au
Т/а 3508П	0,23	0,073	<0.05
Т/а 4201П	0,24	0,16	<0.05

Таблица 9

Содержание БМ в исходных пробах
(с предварительной шихтовки с хлоридами)

Проба	Содержание, г/г		
	Pd	Pt	Au
Т/а 3508П	0,94	0,34	<0.05
Т/а 4201П	0,72	0,70	<0.05

Таблица 10

Извлечение БМ из проб с предварительной шихтовки с хлоридами

Проба	Извлечено г/г Н.О.		
	Pd	Pt	Au
Т/а 3508П	0,57	<0,013	0.012
Т/а 4201П	0,71	0,020	<0.01

Горючие сланцы

Горючие сланцы Республики Коми

И наконец, третий тип концентраций ОВ это горючие сланцы, где наиболее высокое содержание ОВ сопровождается также наиболее высоким содержанием керогена. Пока нет сведений о концентрациях БМ в горючих сланцах.

В таблице 11 приведены сведения об основных месторождениях и проявлениях Республики Коми.

Породы бассейнов относятся к верхнеюрским отложениям средне-волжского подъяруса, представлены переслаиванием в разной степени карбонатных глин и горючих сланцев варьирующей глинистости, с подчиненными прослоями глинисто-карбонатных пород.

Органическое вещество отвечает сапропелевому типу с незначительным привнесом гумусового. Кероген относится ко II типу, содержание Сор_г варьирует в пределах 30-50% (Д.А. Бушнев, И.Н. Бурцев и др. 2014).

Распределение стерановых углеводородов в битумоидах ОВ Айювы указывает на признаки незрелого органического вещества, не достигшего в своей термической фазе начала фазы нефтеобразования.

Таблица 11

Характеристика горючих сланцев Республики Коми

Вмещающие породы	Объект	Содержание БМ	Тип НОВ и %	РОВ и %
Горючие сланцы	Айювинское месторождение	достоверно не изучено	Кероген II типа в пределах 0,14-28,9%	Содержание ХБА варьирует от 0.028 до 0.63% Содержание СББ – 0.3–0.5 %
Горючие сланцы	Чим-Лоптюгское Месторождение	достоверно не изучено	Кероген II типа Варьирует в пределах 7—37 %, среднее 10-15%	Содержание ХБА 0.05–0.5 %
Горючие сланцы	Ибское проявление	достоверно не изучено	Кероген II типа Варьирует в пределах 0,12-23,6 %	Морская органика. Сапропелевый тип с незначительным привнесением гумусового.

Примечание: Исследование наличия БМ в горючих сланцах проводится

Заключение

В работе проведен обзор углеродистых сланцев Восточной Сибири, Западного Урала и горючих сланцев Республики Коми. Охарактеризован состав пород, наличие и состав органического вещества, наличие рудных концентраций и (или) месторождений золота и платиноидов и связь с ним органического вещества.

1. Углеродистые сланцы Восточной Сибири.

Характеризуются довольно низким содержанием ОВ, высокой степенью его метаморфизма и большими площадями развития. Содержание РОВ составляет в среднем сотые процента. Содержание НОВ в среднем около 1-2%.

ОВ углеродистых сланцев Восточной Сибири в основном морского (сапропелевого) происхождения, представлено в основном в виде сильно метаморфизованного НОВ, содержания которого в среднем составляет от одного до нескольких процентов. Среднее содержание РОВ в породах 0,002 до 0,004%. Среднее содержание золота низкие, но за счет огромной площади развития запасы и ресурсы внушительны. На месторождении Сухой лог при среднем содержании золота 2,3 г/т, запасы и ресурсы составляют 2956 тонн. В ореолах месторождений золота так же авторами описаны проявления платиноидов, возможно связанные с РОВ.

2. Углеродистые породы Западного Урала.

ОВ углеродистых пород исследованных объектов на Западном склоне Урала относится к сапропелевому типу. НОВ представлено в разной степени метаморфизованными битуминозными разностями до 25%. Среднее содержание РОВ в породах 0,1%. При поисковых работах на данных объектах обнаружены промышленные содержания золота.

3. Горючие сланцы республики Коми.

ОВ горючих сланцев республики Коми отнесено авторами к сапропелевому типу, отвечает стадии незрелого органического вещества, не достигшего в своей термической

фазе начала фазы нефтеобразования. Содержание НОВ в породе до 37%. Содержание РОВ может достигать 1%.

Облик генерация ОВ на исследованных объектах схож и характерен для второго типа керогена, но различается степенью метаморфизма вмещающих толщ.

Золото и золотоплатиновые объекты в углеродистых сланцах Сибири и углеродистых породах Западного склона Урала содержат промышленные содержания благородных металлов, а благородно-метальное орудинение, ряд авторов связывают именно с ОВ морского (сапропелевого) типа.

Горючие сланцы ввиду схожести ОВ так же могут нести в себе потенциальную ресурсную базу благородных металлов, но не обнаруженной в виду не изученности данного объекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов А.С. Перспективы трансформации ресурсов золота на Ольховском участке Пашийской площади с учетом новых аналитических данных по балансу золота, связанного с органическими соединениями // Горное эхо. – 2019. – № 3 (76). – С. 2-5. – DOI: 10.7242/echo.2019.3.1.
2. Борисов А.С. Перспективы трансформации ресурсов золота на Тёсовском участке с учетом прогнозной модели трансформации ресурсов Ольховского участка Пашийской площади // Горное эхо. – 2020. – № 4 (81). – С. 8-13. – DOI: 10.7242/echo.2020.4.2.
3. Будяк А.Е., Горячев Н.А., Развозжаева Э.А., Спиридонов А.М., Соцкая О.Т., Брюханова Н.Н. Геохимия рассеянного органического вещества в золоторудных месторождениях черносланцевых формаций // Докл. Акад. наук. – 2015. – Т. 463, № 6. – С. 692-695. – DOI:10.7868/S0869565215240160.
4. Бушнев Д.А., Бурцев И.Н., Валяева О.В., Перовский И.А., Игнатъев Г.В., Бурдельная Н.С. Исследование состава смол пиролизатов юрских сланцев из скважины 356 Чим-Лоптюгская // Вестн. Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2014. – № 9. – С. 15-19.
5. Бушнев Д.А., Льюров С.В. Органическая геохимия юрских отложений Сысольского сланценосного района (Республика Коми) // Геохимия. – 2002. – № 2. – С. 220-227.
6. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. – М.: Мир, 1981. – 501 с. – (Науки о Земле: фундамент. тр. зарубеж. ученых по геологии и геохимии; Т. 81.)
7. Дистлер В.В., Юдовская М.А., Развозжаева Э.А., Мохов А.В., Трубкин Н.В., Митрофанов Г.Л., Немец В.К. Новые данные по платиновой минерализации золотых руд месторождения Сухой Лог (Ленский золоторудный район, Россия) // Докл. Акад. наук. – 2003. – Т. 393, № 4. – С. 524-527.
8. Кожевников Е.Е. Геология и геохимия нефти и газа [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / ПГНИУ. – Пермь, 2020 – 2,25 Мб ; 90 с.
9. Ганжа Г.Б., Развозжаева Э.А. Органическое вещество в осадочных породах Вернинского золоторудного месторождения, Патомское нагорье // Руды и металлы. – 2014. – № 3. – С. 65-73.
10. Бурцев И.Н., Салдин В.А., Машин Д.О., Шеболкин Д.Н., Инкина Н.С., Попов И.В. Геологическое строение Чим-Лоптюгского месторождения горючих сланцев // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России : материалы XVI Геол. съезда Республики Коми 15-17 апр. 2014 г. / Ин-т геологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2014. – Т. III. – С. 206-210.
11. Бушнев Д.А., Бурдельная Н.С., Льюров С.В., Бурцев И.Н. Органическое вещество горючих сланцев Айювинского месторождения // Изв. Коми науч. центра. – 2016. – № 2. – С. 53-58.
12. Развозжаева Э.А., Прокофьев В.Ю., Спиридонов А.М. и др. Благородные металлы и углеродистое вещество в рудах месторождения Сухой Лог (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. – 2002. – Т.44, № 2. – С.116-124.
13. Сазонов В.Н., Великанов А.Я. Ашкинская благороднометальная зона (Средний и Северный Урал): геологическая позиция, особенности строения, состав рудных тел и сопряженных метасоматитов, практическая значимость // Литосфера. – 2010. – № 4. – С. 116-127.
14. Сметанников А.Ф., Оносов Д.В., Синегрибов В.А., Новиков П.Ю., Шанина С.Н. Благородные металлы в солях Верхнекамского месторождения и технология их извлечения // Горн. журн. – 2013. – № 6. – С. 55-58.
15. Сметанников А.Ф., Седых Э.М. Особенности анализа золота, связанного с органическими соединениями // XXI Международная Черняевская конференция по химии, аналитике и технологии платиновых металлов: тез. докл. – Екатеринбург, 2016. – С. 61.
16. Сметанников А.Ф., Шанина С.Н., Синегрибов В.А., Юдина Т.Б., Седых Э.М. Благородные металлы Верхнекамского месторождения солей // Горн. журн. – 2006. – № 6. – С. 62-64.

17. Сметанников А.Ф., Шанина С.Н. Проблема диагностики и извлечения органических соединений благородных металлов в некоторых породах // Органическая минералогия: материалы IV Рос. совещ. с междунар. участием / ИЭМ РАН [и др.]. – Черногоровка, 2013. – С. 142-145.
18. Способ качественного и количественного определения органических соединений благородных металлов в породах различного состава: пат. № 2354967 Рос. Федерация: МПК G 01 N 30/06 (2006.01) / Сметанников А.Ф., Серебряный Б.Л., Красноштейн А.Е.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Уралкалий-Технология». – № 2007134762/28; заявл. 18.09.2007; опубл. 10.05.2009. Бюл. № 13.
19. Шумилова Л.В. Геолого-технологическая классификация золотосодержащих руд с дисперсными формами нахождения металла // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 4. – С. 215-219.
20. Цудзи Д. Органические синтезы с участием комплексов переходных металлов / пер. с англ. Л.И. Денисович. – М.: Химия, 1979. – 256 с.: ил.
21. Хайрулина Л.А. Месторождения золота в черных сланцах // Студенческий научный форум – 2015: материалы VII Междунар. студенч. науч. конф. – Текст электронный – URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015011421>.
22. Новожилов Ю.И., Гаврилов А.М. Золото-сульфидные месторождения в углеродисто-терригенных толщах. – М.: ЦНИГРИ, 1999. – 175 с.
23. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимия чёрных сланцев. – Л.: Наука, 1988. – 271 с.: ил.

УДК 556

DOI:10.7242/echo.2023.3.2

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИСУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В КАМСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

А.П. Лепихин, А.В. Богомолов, Т.Н. Синцова
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Традиционно при исследовании качества воды в поверхностных водных объектах рассматриваются и анализируются их сезонные колебания. Применение современных методов измерений показало, что наряду с данными колебаниями в крупных водных объектах могут наблюдаться и оказывать значимое влияние на устойчивость систем водопользования значительно более короткопериодные колебания. В данной работе, на основе использования многопараметрического измерителя MIDAS компании Valeport, рассматриваются внутрисуточные колебания ряда физических показателей качества воды в Камском водохранилище на примере района г. Березники и Чусовского плеса в районе города Перми. Показана существенность данных колебаний, в первую очередь, для мутности воды. Данные особенности динамики показателей качества воды должны учитываться как при организации систем мониторинга поверхностных водных объектов, так и регламентации на них техногенных воздействий.

Ключевые слова: Водоохранилища, внутрисуточные колебания, физические показатели, регламентация, взвешенные вещества.

Введение

Потребительские свойства воды водных объектов определяются совокупностью физических и химических показателей качества воды. Так как химические показатели качества воды, как правило, достаточно тесно связаны с физическими, поэтому исследование временной изменчивости данных показателей представляет значительный как практический, так и теоретический интерес.

В настоящее время, как правило, рассматривается и анализируется сезонная динамика рассматриваемых показателей, а также междугодичные колебания. Так же указывается на возможные колебания данных показателей, связанные с турбулентными пульсациями с характерным периодом $10-10^2$ с. Это нашло отражение в соответствующих нормативно – методических документах, связанных с отбором проб воды [1, 2]. Однако внедрение в последние годы автоматических систем измерений, показало, что спектр возможных колебаний показателей качества воды значительно шире. При этом суще-