

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/35_2019

УДК 550.42:546.26:553.98(571.5)

Баженова Т.К.Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский нефтяной геологоразведочный институт» (АО «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru**Голышев С.И., Падалко Н.Л.**Акционерное общество Томский филиал «Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья» (ТФ АО «СНИИГГиМС»), Томск, Россия, padalko@tf-sniiggims.ru

СВЯЗЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С ЕГО ИСТОРИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ (СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА)

*Рассматривается изотопный состав углерода нерастворимого органического вещества и синбитумоидов (выборка последних вдвое меньше нерастворимого органического вещества) различных биоценологических и фашиально-генетических типов органического вещества. Показана связь изотопного состава углерода с исходным органическим веществом и условиями диагенеза: наиболее изотопически «лёгкими» оказываются альгопланктонные сапропелиты, наиболее «тяжёлыми» - оксисорбосапропелиты с аналогичной основой. В альгопланктоннобентосных сапропелитах утяжеление углерода происходит с увеличением в органическом веществе доли бентоса – донных бурых водорослей *Phaeophyta*. В альгопланктонных сапропелитах и оксисорбосапропелитах проявляется связь изотопного состава углерода с катагенезом, по мере возрастания которого углерод «утяжеляется».*

Ключевые слова: изотопный состав углерода, органическое нерастворимое вещество, катагенез органического вещества, Сибирская платформа.

Введение

Целью исследования изотопного состав углерода (ИСУ) органического вещества (ОВ) нефтегазоматеринских формаций – и нерастворенной (керогена), и растворенной (битумоида) фракций ОВ – является прежде всего установление генетических источников нефти месторождений. На основании корреляции параметров ИСУ нефтей и ОВ определяется их генетическая связь.

Анализ «поведения» ИСУ фракций ОВ в катагенезе позволяет уточнить, в какой-то мере детализировать, сам процесс нефте- и газообразования.

И, наконец, исследование ИСУ керогенов различного геологического возраста разного биоценологического состава в той или иной степени проясняет характер эволюционного процесса ОВ на атомном уровне организации в геологической истории.

Методика исследования и материал

Исследовался ИСУ небольшой выборки керогенов (нерастворимого органического

вещества (НОВ) – 32 обр.), представляющий собой остатки некогда обширной представительной коллекции керогенов палеозоя-допалеозоя Сибирской платформы (более 300 обр.). Изотопные анализы выполнялись в аккредитованной лаборатории изотопных методов (аттестат № RA.RU.517930 от 15 июля 2015 г.) ТФ АО «СНИИГГиМС» на масс-спектрометре DELTA V ADVANTA, с учётом химподготовки проб погрешность составляет $\pm 0,5\%$. Эта коллекция накоплена и исследована в Отделе геохимии и генезиса нефти и газа ВНИГРИ (Т.К. Баженова, Л.С. Беляева, Д.А. Биккенина, К.К. Макаров, Ю.М. Шуменкова) в 70-80 гг. XX в. Наряду с химическим исследовались углепетрографический и биоценотический составы ОБ (Г.М. Парпарова, В.А. Рудавская); в результате определились типы ОБ каждого образца и их место на катагенетической шкале региона. В 15 образцах исследовался также ИСУ (МИНХиГП им. И.М. Губкина, ныне ГАНГ им. И.М. Губкина, аналитики и интерпретаторы В.С. Прохоров и И.П. Шадский). Эти изотопные данные включены в монографию [Органическая геохимия палеозоя..., 1981]. Три из этих 15 образцов оказались повторёнными в числе вновь исследованных 32. Сходимость результатов хорошая, - разница значений не более 1‰, причём «в обе стороны», что свидетельствует о случайности «ошибки». В связи с этим, авторы включили остальные 12 образцов в общий массив данных; итого получилось 44 образца.

Весь массив данных представлен в табл. 1 в возрастной последовательности от древних к молодым; однако «новые» (32 обр.) и «старые» определения даны отдельно. Наряду с изотопными данными, в табл. 1 приведены основные геохимические параметры ОБ: максимальные палеоглубины погружения, градации катагенеза (по шкале Н.Б. Вассоевича), биоценотический тип ОБ, содержание C_{HK} в породах, элементный состав НОВ. Возрастной диапазон образцов – $R_1 \div D_3$ (R – 10 обр.; V – 13 обр.; ϵ – 16 обр.; S – 4 обр.; D – 1 обр.); Катагенетический диапазон – $ПК_3 \div АК_3$. Все образцы, за исключением одного, принадлежат нефтегазоматеринским породам (типы концентрации ОБ: доманикиты – 10 обр.; доманикоиды – 22; субдоманикоиды – 11). Большая часть образцов (32) относится к сапропелитам, среди которых 22 – **альгопланктонные сапропелиты** (альгофлора – *Cyanophita*, *Acritharcha*; в кембрии – *Chlorophita*); 8 – **альгопланктонно-бентосные сапропелиты**, где наряду с цианеями и акритархами в значительном количестве присутствуют донные бурые водоросли (*Phaeophita*); 2 – **альгозоогенные сапропелиты** (зоогенная составляющая – граптолиты). Двенадцать образцов - окисленные в диагенезе разности ОБ – **оксисорбосапропелитам** с альгогенной основой; по концентрации C_{HK} - это субдоманикоидный (0,1-0,5%, 11 обр.) и сверхрассеянный (< 0,1%, 1 обр.) типы. Диапазон значений $\delta^{13}C$ во всей выборке - (-22,7) \div (-34,1)‰.

Элементный состав нерастворимого органического вещества и изотопный состав углерода

Номер п/п	Геологический возраст	Порода	Адрес, глубина	Максим. палеоглубина, км	Градация катагенеза	Тип ОБ	С _{орг} / порода, %	Элементный состав НОВ, %					δ ¹³ C, ‰	Тектоническое положение; примечания	
								C	H	S	N	O			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Усть-Ильинская свита	R _{1u-il}	аргиллит	р. Котуйкан, обн.	2,5	МК ₂ ¹	АС бентос	5,57	83,27	7,71	2,34	2,17	4,51	-32,4	Анабарская антеклиза, запад
2		R _{1u-il}	мергель	р. Фомич, обн.	2,7	МК ₂ ¹	АС	1,43	82,14	7,83	0,72	2,03	7,28	-32,0	Анабарская антеклиза, север
3		R _{1u-il}	аргиллит известковист.	р. Фомич, обн.	2,2	МК ₂ /МК ₃	АС	1,46	83,41	5,48	0,88	10,23		-31,5	то же; слабое влияние интрузии
4		R _{1u-il}	мергель	Хорудалахская скв. 1, 2866 м	3,9	МК ₄	АС	1,09	85,78	3,57	0,00	1,50	9,15	-32,2	Хатангская депрессия
5		R _{1u-il}	аргиллит известковист.	Хорудалахская скв. 1, 2869 м	3,9	МК ₄	АС бентос	12,32	86,63	3,09	7,45	1,58	1,25	-29,3	то же
6	R _{2ml} ²	известняк глинист.	р. Мая, обн.	2,6	МК ₂ ¹	АС бентос	1,22	84,76	6,64	1,18	1,75	5,67	-30,8	Алдано-Майский прогиб	
7	R _{2aj} n	аргиллит сл. известковист.	Собинская пл. скв. 10, 3014 м	3,1	МК ₂ ²	АС	1,26	85,17	6,38	5,07	2,06	1,32	-33,1	Катангская седловина	
8	R ₂	аргиллит известковист.	Прибайкальская скв. 1, 2378 м	5,8	АК ₃	АС	0,68	95,14	1,96	1,32	0,54	1,04	-24,4	Прибайкальский прогиб	
9	R _{3nt}	мергель	р. Ниж. Тунгуска, обн.	5,3	АК ₂	АС	1,28	76,46	2,60	10,91	1,68	8,35	-30,0	Туруханский горст	
10	R _{3d} š	аргиллит известковист.	р. Удерей, обн.	4,5	АК ₁	ОСС	0,34	87,09	2,56	1,79	0,93	7,63	-25,3	Ангаро-Питский синклиниорий Енисейского кряжа	
11	V _{1tl} k	аргиллит известковист.	Центрально-Талаканская пл. скв. 815, 1585 м	3,5	МК ₃	АС	1,19	73,15	5,42	9,54	2,08	9,81	-32,9	Непско-Ботуобинская антеклиза	
12	Хатыспытская свита	V _{2nt}	аргиллит известковист.	р. Хорбусуонка, обн.	2,1	МК ₁	АС	16,70	74,21	7,30	1,66	1,71	15,12	-32,8	Оленёкское поднятие
13		V _{2nt}	мергель (горючий сланец)	р. Керсюке, обн.	2,1	МК ₁	АС бентос	16,31	76,55	7,20	5,87	1,03	9,55	-29,4	то же
14	Курсовская свита	V _{2kr}	аргиллит известков. (горюч. сланец)	Тас-Юряхская пл., скв. 572, 1921 м	2,7	МК ₂ ¹	АС	1,18	81,14	7,59	1,63	1,75	7,89	-29,9	Непско-Ботуобинская антеклиза
15		V _{2kr}	аргиллит сл. известковист.	Северо-Нелбинская пл., скв. 2321, 2085 м	2,8	МК ₂ ¹ /МК ₂ ²	АС	1,47	-	-	-	-	-	-27,7	то же
16		V _{2kr}	аргиллит сл. известковист.	Мирненская пл., скв. 738, 2186 м	2,8	МК ₂ ¹ /МК ₂ ²	АС	1,92	73,25	7,85	3,90	1,25	13,75	-30,7	то же
17	V _{2np}	аргиллит сл. известковист.	Кутурминская пл., скв. 1, 3585 м	4,2	МК ₅	АС	2,13	75,83	3,85	7,51	0,96	11,85	-30,2	Восточный борт Присяяно-Енисейской синеклизы	
18	V _{2pl}	доломит сл. глинистый	Сухотунгусская пл., скв. 5, 2635 м	3,8	МК ₃ /МК ₄	ОСС	0,05	69,10	4,64	0,00	26,26		-24,8	Нижнеенисейский плакантиклиниорий, Курейско-Летнинский вал	
19	Є _{1os}	мергель долом. глинистый	Средне-Ботуобинская пл., скв. 16, 1476 м	2,25	МК ₁	ОСС	0,24	72,30	7,98	3,14	2,53	14,05	-28,6	Непско-Ботуобинская антеклиза	
20	Є _{1-2kn}	известняк глинистый	р. Куота, обн.	2,1	МК ₁	АС	3,97	81,51	8,58	1,99	1,94	5,98	-32,0	Анабарская антеклиза, ЮВ склон	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
21	Костинская свита	Є ₁₋₂ kst	мергель доломитов.	р. Володина, обн.	2,2	МК ₃	АС	0,53	84,52	3,81	5,40	1,58	4,69	-33,1	Курейско-Летнинский вал; влияние интрузии
22		Є ₁₋₂ kst	мергель доломитов.	Сухотунгусская пл., скв. 6, 792 м	2,2	МК ₃	ОСС	0,21	75,53	3,10	0,00	1,49	19,88	-29,3	то же
23		Є ₁₋₂ kst	доломит глинистый	Таначинская пл., скв. 4, 1894 м	2,5	АК ₁	АС	0,85	86,77	2,55	4,17	0,74	5,77	-32,2	Зап. борт Тунгусской синеклизы; влияние интрузии
24		Є ₁₋₂ kst	мергель доломитов.	Кочумдекская пл., скв. 3, 1750 м	2,2	АК ₁	АС	2,21	84,51	2,50	5,21	1,09	6,69	-31,3	то же
25	Шумнинская свита	Є ₁₋₂ šm	мергель	Норильский р-н, Гремякинская пл., колон. скв. 13	4,4	МК ₅ /АК ₁	АС	0,64	75,20	3,17	0,00	1,22	20,41	-29,6	Хантайско-Рыбнинский вал
26		Є ₁₋₂ šm	мергель	Игарский р-н, р. Брус, обн.	4,6	АК ₁	АС	1,37	83,44	3,36	6,93	1,26	5,01	-31,6	Кулюмбинский вал
27	Чокотинская свита	Є ₃ čm	известняк глинистый	Норильский р-н, р. Чопко, обн.	3,7	МК ₃	ОСС	0,36	82,54	3,56	4,59	2,40	6,91	-27,4	Хантайско-Рыбнинский вал
28		Є ₃ čm	известняк глинистый	то же	3,8	МК ₃ /МК ₄	ОСС	0,34	84,04	3,30	0,20	2,03	10,43	-27,3	то же
29	S ₁ l ²	аргиллит известков. (горюч. сланец)	р. Прав. Аттырдах, обн.	2,0	МК ₁	АС бентос	50,80	75,70	8,20	16,10			-24,1	Восточный борт Тунгусской синеклизы	
30	S ₁ l ²	то же	то же	2,0	МК ₁	АС бентос	52,20	76,90	5,30	17,80			-24,0	то же	
31	S ₁ l ²	мергель (граптолит. сланец)	Дьявольская пл., колон. скв. 8	1,8	АК ₁	АЗС	6,23	89,46	2,31	2,45	1,71	4,07	-27,1	Курейско-Летнинский вал; влияние интрузии	
32	D ₃ klrg	известняк глинистый	Сигово-Подкаменная пл., колон. скв. 4	1,2	МК ₃	ОСС	0,28	75,47	3,40	0,00	2,24	18,89	-27,1	Курейско-Летнинский вал; влияние интрузии	
Ранее опубликованные данные (1981 г.)															
1	V ₁ uš	аргиллит известков.	Христофоровская пл., скв. 101, 3133 м	4,1	МК ₄ /МК ₅	ОСС	0,47	87,58	3,74	5,82	1,10	1,76	-24,0	Ангаро-Ленская ступень	
2	V ₁ uš	аргиллит известков.	то же, 3128 м	4,1	МК ₄ /МК ₅	ОСС	0,13	85,29	3,71	5,49	5,51		-22,7	то же	
3	V ₁ uš	мергель	Прибайкальская скв. 1, 1528 м	3,8	МК ₄ /МК ₅	ОСС	0,33	85,42	5,00	9,58			-25,8	Прибайкальский прогиб	
4	V ₂ kr	аргиллит известков.	Средне-Ботуобинская пл., скв. 10, 1945 м	2,75	МК ₂ ¹	АС бентос	0,55	74,44	8,00	5,13	2,60	9,83	-30,9	Непско-Ботуобинская антеклиза	
5	V ₂ np	аргиллит известков.	Омолойская пл., скв. 8, 2540 м	3,5	МК ₃	АС	1,10	84,62	5,00	3,72	1,45	5,21	-31,9	Ангаро-Ленская ступень	
6	Є ₁ us	известняк доломитист.	то же, 2120 м	3,1	МК ₂ ²	ОСС	0,12	80,50	3,75	5,31	1,15	9,29	-31,7	то же	
7	Є ₁ bl	известняк	то же, 1693 м	2,7	МК ₂ ¹	ОСС	0,17	84,50	5,60	1,73	8,17		-26,0	то же	
8	Куонамская свита	Є ₁₋₂ kn	аргиллит известков. (горюч. сланец)	р. Оленёк, обн.	1,5	ПК ₃ /МК ₁	АС	16,70	75,82	7,39	3,73	2,03	11,03	-33,8	Анабарская антеклиза
9		Є ₁₋₂ kn	то же	р. Куога, обн.	2,0	МК ₁	АС	10,52	78,54	7,72	3,63	1,49	8,62	-34,1	то же
10	Є ₃ sh	то же	р. Оленёк, обн.	1,1	ПК ₃	АС бентос	16,70	72,95	6,21	5,15	1,23	14,40	-28,1	то же	
11	Є ₃ čp	мергель	р. Чопко, обн.	3,5	МК ₃	АС	1,56	85,46	4,19	2,78	2,09	5,48	-29,3	Хантайско-Рыбнинский вал	
12	S ₁ l ²	мергель (граптолит. сланец)	р. Летняя, обн.	1,8	МК ₁	АЗС	1,85	80,76	4,17	3,22	3,08	8,77	-28,8	Курейско-Летнинский вал	

Пространственное размещение исследуемых образцов в регионе чрезвычайно широко – от западного обрамления Тунгусской синеклизы (Нижнее-Енисейского плакантиклинория) на западе до Анабарской антеклизы и Алдано-Майского прогиба на востоке и Ангаро-Ленской ступени на юге.

Интерпретация данных

На рис. 1 показана связь изотопного состава НОВ с катагенезом. Для всей выборки, в целом, связь едва намечается и выглядит нечётко. Но обращает на себя внимание следующее: при идентичных палеоглубинах и катагенезе альгопланктонные сапропелиты всегда оказываются изотопически легче прочих представленных на графике типов ОВ. Если рассматривать связь изотопии углерода с катагенезом в каждом типе ОВ отдельно, то можно заметить, что эта связь проявлена в альгопланктонных сапропелитах и оксисорбосапропелитах и практически не усматривается в альгопланктонно-бентосных сапропелитах (рис. 1). Выборка в этом типе ОВ небольшая (8 обр.); однако в альгозоогенном (граптолитовом) типе ОВ при двух образцах эта связь проявилась. В типах ОВ, где связь ИСУ с катагенезом намечается, с его возрастанием происходит изотопическое «утяжеление» углерода.

В табл. 2 представлены значения катагенетических изменений изотопных показателей НОВ с поэтапным их осреднением. Альгопланктонные сапропелиты отличаются наибольшей выборкой (22 обр.) с широким диапазоном катагенеза, поэтому осреднение данных проводилось почти по каждой градации катагенеза (МК₁; МК₂; МК₃; МК₄₋₅; АК). В других типах ОВ при меньших выборках поградационное разделение и соответственно осреднение не столь чёткое (см. табл. 2). В альгопланктонных сапропелитах наблюдается среднее поградационное изотопное «утяжеление» ОВ от -33,2‰ (МК₁) до -29,9‰ (АК). Распределение изотопных значений в данной выборке подчиняется нормальному закону: \bar{x} – (-31,2‰); $m\sigma$ – (-31,2‰); $m\epsilon$ – (-31,7‰).

В оксисорбосапропелитах средние значения $\delta^{13}\text{C}$ изменяются в катагенезе от -28,8‰ (МК₁-МК₂) до -27,0‰ (МК₃) и -24,0‰ (МК₄/МК₅-АК). Здесь также действует нормальный закон распределения значений: \bar{x} – (-26,6‰); $m\sigma$ – (-26,5‰); $m\epsilon$ – (-26,6‰). Сравнение изотопных значений двух типов ОВ показывает, что окисленные его разности с той же биоценотической основой значительно тяжелее лучше сохранившихся в диагенезе аналогов. Абсолютные величины $\delta^{13}\text{C}$ оксисорбосапропелитов лишь в одном случае достигают 30 (-31,7‰ МК₂²), тогда как в альгопланктонных сапропелитах абсолютные величины меньше 30 появляются лишь на границе апокатагенеза (см. табл. 2).

В альгопланктонно-бентосных сапропелитах, где связь изотопного состава с

катагенезом отсутствует (по крайней мере в диапазоне выборки – ПК₃ ÷ МК₄), проявляется зримая связь с долей бентоса в ОВ (см. табл. 2). Наиболее изотопически «тяжёлыми» оказываются образцы горючих сланцев основания силура, в которых ОВ почти нацело представлено бентосом (см. табл. 1, 2; градации катагенеза МК₁).

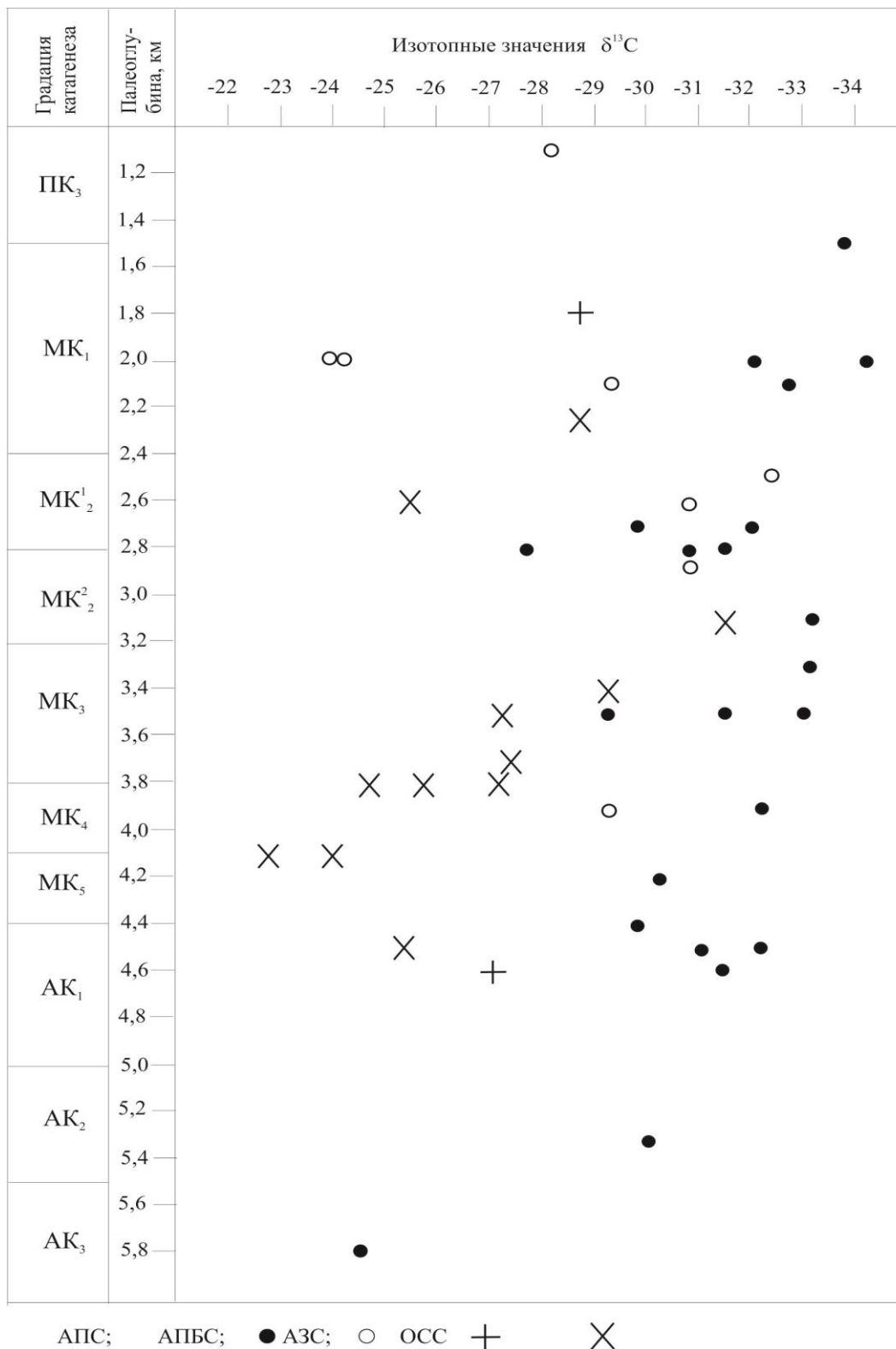


Рис. 1. Связь изотопного состава углерода нерастворимого органического вещества с катагенезом

Таблица 2

Содержание Сорг в палеозойских и мезозойских отложениях Анабаро-Хатангской нефтегазоносной области (по материалам ИНГГ СО РАН)

Место отбора проб		Сорг, %	
1	Восточный Таймыр	J_{1-2}	0,90/ (0,51 - 1,87)
		T_{1-3}	0,63/ (0,23 - 0,98)
2	Скв. Нордвикская-42, п-ов Юрюнг-Тумус	K_1	0,67/ (0,39 - 0,95)
		J_{1-2}	0,87/ (0,29 - 3,10)
		P_1	1,64/ (0,18 - 10,11)
3	Скважины: Гуримисская-1; Улаханская-1; Южно-Суолемская-10	P_2	1,57/ (0,22 - 3,17)
		P_1	1,88/ (0,96 - 4,70)
		C_{2-3}	0,04; 0,05
		ϵ_{1-2}	0,20/ (0,02 - 0,44)
4	кряж Прончищева	K_1	0,59/ (0,36 - 1,16)
		J_{1-2}	0,91/ (0,39 - 3,21)

Альгобентос силура является эволюционно-генетическим предшественником наземной флоры, появившейся уже в раннем девоне, всегда изотопически более тяжёлой по сравнению с альгофлорой. В пределах Сибирской платформы отложения девона (и позднего силура) представлены в аридных фациях и не содержат остатков наземной флоры; в связи с этим проследить постепенное эволюционно-возрастное изменение ИСУ флоры в данном регионе не удаётся.

Может показаться, что существует связь между ИСУ и концентрацией его в породах; однако, эта связь мнимая, и «утяжеление» углерода обусловлено не массой ОВ как такового, а массой донных водорослей *Phaeophita*, их долей в ОВ. Ведь и в изотопно «тяжёлых» сапропелевых углях органическая составляющая представлена в основном не альгопланктоном, а альгобентосом.

Повышенное содержание $\delta^{13}C$ в оксисорбосапропелитах относительно альгопланктонных сапропелитов при их единой биоценотической основе может быть обусловлено спецификой среды, в которой не реализуется механизм синтеза изотопно лёгкого керогена полимерлипидной основы. Образованные в более окислительных условиях среды оксисорбосапропелиты остаются равными или незначительно облегчаются по ИСУ относительно биомассы осадка [Конторович и др., 1985].

По средним значениям ИСУ типы ОВ распределяются в такой последовательности: альгопланктонные сапропелиты – (-31,2‰); альгопланктонно-бентосные сапропелиты – (-28,6‰); альгозоогенные сапропелиты – (-28,0‰); оксисорбосапропелиты – (-26,6‰).

Авторы попытались выявить связь ИСУ с содержанием серы в НОВ, поскольку осерненность ОВ является следствием его диагенетического преобразования. Содержание серы в исследованных образцах НОВ изменяется в широком диапазоне: от 0,00 до 9,51%. В НОВ присутствует не только связанная, но и свободная (элементная) сера. По типам ОВ значения S распределяются следующим образом: альгопланктонные сапропелиты: \bar{x} - 3,79(0,00-9,51)%; альгопланктоннобентоносные сапропелиты: \bar{x} - 4,52(1,18-7,45)%; альгозоосапропелиты: \bar{x} - 2,84(2,45-3,32)%; оксисорбосапропелиты: \bar{x} - 2,52(0,00-5,49)%; то есть наиболее осерненными оказываются разности керогена, содержащие ощутимую долю бентоса, к тому же в них отсутствуют нулевые значения серы; наименее сернистыми в целом являются оксисорбосапропелиты. На рис. 2 представлена связь ИСУ с сернистостью НОВ.

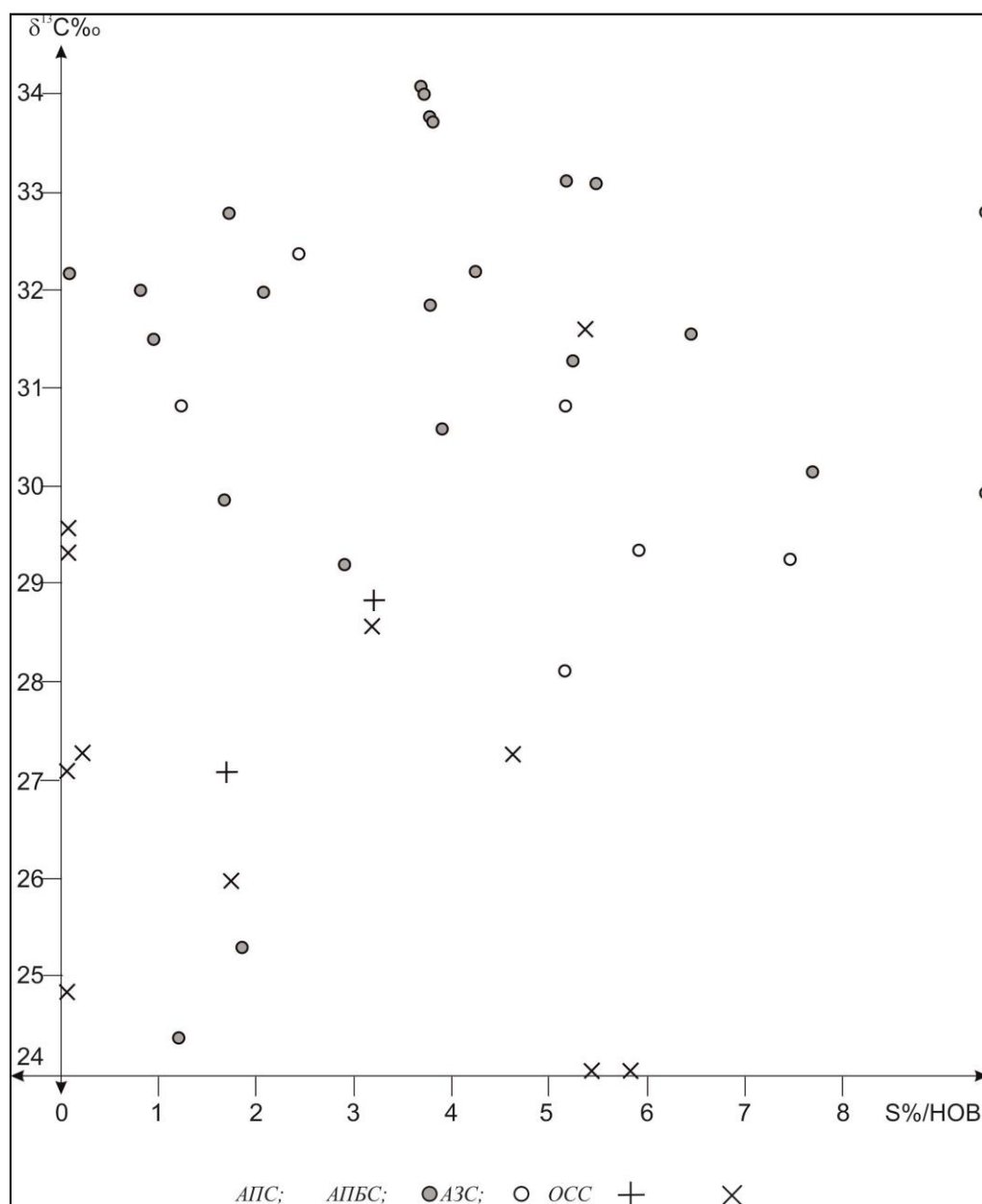


Рис. 2. Связь изотопного состава углерода нерастворимого органического вещества с содержанием серы

На рис. 2 (четкой связи между этими параметрами нет) фигуративные точки располагаются в пределах диапазонов сернистости и ИСУ своих типов ОБ. Так, точки оксисорбосапроперитов большей частью прижимаются к вертикальной оси графика (ИСУ), к нижней ее половине, где ее значения ИСУ - (-24) ÷ (-30)‰. Альгопланктоннобентоносные точки занимают срединную часть поля вдали от осей. Почти все точки альгопланктонного ОБ располагаются в верхней половине поля (ИСУ - (-30) ÷ (-34)‰).

В выборке изотопных данных 1981 г. [Органическая геохимия палеозоя..., 1981], представленных во второй части табл. 1, ИСУ определялся не только в НОВ, но и в синбитумоидах (ХБА). Эти данные представлены в табл. 3 отдельно по типам ОБ; в каждом типе в последовательности изотопных значений НОВ - от «тяжёлых» к «лёгким». Из 15 образцов - по 6 альгопланктонные сапропелиты и оксисорбосапропелиты, 2 – альгопланктонно-бентосные сапропелиты и 1 – альгозоогенные сапропелиты (см. табл. 3).

Таблица 3

Генерализованные результаты испытаний в скважинах Анабаро-Хатангской нефтегазоносной области

Площадь	Комплекс	Максимальные дебиты		
		Нефть, м ³ /сут	Газ, тыс. м ³ /сут	Вода, м ³ /сут
Нордвикская	Триас, пермь	1	11,5	7
Восточная	Тустахская	СУХО		
Гурмиская	Тустахская	пленка		316
Северо-Суолемская	Тустахская	пленка		190
Чайдахская	Нижнекожевниковская	пленка	2,5	132
Южно-Тигянская	Нижнекожевниковская	15,3	2,5	1
Ильинская	Вехнекожевниковская	0,56	26,1	2,4
Кожевниковская	Вехнекожевниковская	2,5		9,1
Северо-Суолемская; Нордвикская	Девон-карбон			24,4; 40,0
Костроминская	Рифей-кембрий			33,6

В альгопланктонных сапропелитах последовательность изменений ИСУ синбитумоидов лишь с одним отклонением совпадает с таковой ИСУ НОВ («утяжеление» в процессе катагенеза); при этом синбитумоиды оказываются изотопно «тяжелее» НОВ и разница между значениями отрицательная, за исключением наиболее катагенетически преобразованного образца (АК₃). Последовательность изменений примерно соответствует направленности катагенетических изменений ОБ. Разность абсолютных значений ИСУ НОВ и ХБА возрастает с катагенезом (см. табл. 3). Непосредственной зависимости ИСУ, ХБА и НОВ с прочими геохимическими параметрами, приведёнными в табл. 3 (значения С_{нк},

$\beta_{\text{Снк}}^{\text{ХБА}}$, элементный состав ХБА), не наблюдается; можно проследить связь со значениями $\beta_{\text{Снк}}^{\text{ХБА}}$ (парагенетическая связь через катагенез).

В оксисорбосапропелитах связь между ИСУ ХБА и НОВ менее закономерна и синбитумоиды изотопически в одних случаях «тяжелее», в других «легче» НОВ, причём в диапазоне катагенеза МК₂¹–МК₃ изменения эти незакономерные; и только на границе МК₄/МК₅ синбитумоиды становятся намного «легче» НОВ (см. табл. 3). В альгопланктонно-бентосных (2 обр.) и альгозоогенных (1 обр.) сапропелитах синбитумоиды изотопически «легче» НОВ, но разница в значениях ИСУ невелика (см. табл. 3). По осреднённым значениям ИСУ синбитумоиды «тяжелее» НОВ только в альгопланктонных сапропелитах, но разница значений мала (-0,6‰); в остальных типах ОВ - синбитумоиды «легче» НОВ; разница величин $\delta^{13}\text{C}$ НОВ и ХБА - от +1,0 до +1,9‰.

Не следует забывать, что все исследованные синбитумоиды в той или иной мере остаточные (за исключением образца €_{3sh} с палеоглубиной 1,1 км, где синбитумоид исходный), то есть потерявшие в процессе эмиграции наиболее лёгкую (углеводородную часть), которая и по ИСУ является также «лёгкой» составляющей ОВ (нефть). Расчётное моделирование процессов генерации-эмиграции УВ для разных типов ОВ показывает, что в сапропелитах (особенно в альгопланктонных) степень остаточности синбитумоидов всегда выше по сравнению с таковой в оксисорбосапропелитах, то есть из первых на каждой градации эмигрирует большая их доля по сравнению со вторыми. Видимо, в связи с этим в пределах всего мезокатагенеза остаточные синбитумоиды альгопланктонных сапропелитов изотопически «тяжелее» своего НОВ, тогда как в оксисорбосапропелитах синбитумоиды большей частью «легче» НОВ. В первой («верхней») половине катагенеза до конца ГФН (ПК₃ – начало МК₃) степень остаточности синбитумоидов снижается (генерация преобладает над эмиграцией); далее в процессе катагенеза степень остаточности синбитумоидов неуклонно растёт (генерация их прекратилась), и сами битумоиды изотопически «утяжеляются». Однако «утяжеление» НОВ опережает таковое остаточных синбитумоидов (вследствие интенсивного газообразования и ухода наиболее изотопически лёгкой компоненты ОВ), и в конце мезокатагенеза и апокатагенезе «тяжёлые» остаточные синбитумоиды оказываются намного «легче» своего НОВ. Это отмечается и в альгопланктонных сапропелитах, и в оксисорбосапропелитах (см. табл. 3). Для прочих типов ОВ слишком мала выборка, и ОВ образцов находится на начальных градациях катагенеза; поэтому судить об «изотопном поведении» синбитумоидов в катагенезе здесь невозможно.

Заключение

Установлена зависимость ИСУ ОБ от его фашиально-генетических биоценологических типов: изотопно лёгкими по углероду являются альгопланктонные сапропелиты $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}} = -31,2\%$, а изотопно тяжёлыми – оксисорбосапропелиты $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}} = -26,6\%$. Альгопланктонно-бентосные и альгозоогенные сапропелиты по изотопному составу углерода попадают в промежуточный интервал значений: $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}} = -28,0 + -28,6\%$.

В такой же последовательности распределяется средний ИСУ: в альгопланктонном ОБ - $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}} = -30,0\%$, в оксисорбосапропелитах - $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}} = -27,6\%$.

В альгопланктонных сапропелитах и оксисорбосапропелитах наиболее достоверно наблюдается связь с катагенезом, с возрастанием степени катагенеза происходит изотопное утяжеление.

Утяжеление изотопного состава углерода в альгопланктонно-бентосных сапропелитах на ранних градациях катагенеза (МК₁) до значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{ср.}}$: $-24,0 + -24,1\%$ связано с высоким содержанием альгобентоса (до 90%). В этом типе ОБ связь ИСУ с катагенезом не выявлена.

Большие различия между ИСУ альгопланктонных сапропелитов и оксисорбосапропелитов при их общей биоценологической основе показывают, что окислительно-восстановительные условия среды в диагенезе оказывают определяющее влияние на изотопный состав сформированного НОВ и сингентичного ему битумоида.

Литература

Конторович А.Э., Богородская Л.И., Голышев С.И. Закономерности фракционирования изотопов углерода в седикахитах // Геология и геофизика. – 1985. - №9. - С. 34-42.

Органическая геохимия палеозоя и допалеозоя Сибирской платформы и прогноз нефтегазоносности / Ред. К.К. Макаров и Т.К. Баженова. - Л.: Недра, 1981. - 211 с.

Bazhenova T.K.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), St. Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

Golyshev S.I., Padalko N.L.

Tomsk Branch of the Siberian Scientific Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials, Tomsk, Russia, padalko@tf-sniiggims.ru, padalko@tf-sniiggims.ru

THE RELATIONSHIP OF THE ISOTOPIC COMPOSITION OF ORGANIC MATTER CARBON WITH ITS HISTORICAL AND GENETIC FEATURES (SIBERIAN PLATFORM)

The carbon isotopic composition of insoluble organic matter and synbitumoids (the sample of the latter is half the quantity of insoluble organic matter) of various biocenotic and facies-genetic types of organic matter is considered. The relationship between the carbon isotopic composition and the starting organic matter and the conditions of diagenesis was shown: the most isotopically "light" are the algoplanktonic sapropelites, the most "heavy" are the oxisorbosapropelites with a similar base. In algoplanktonbenthos sapropelites, the weighting of carbon occurs with an increase in the organic matter fraction of benthos - bottom brown algae Phaeophita. In algoplanktonic sapropelites and oxisorbosapropelites, a relationship is observed between the carbon isotopic composition and catagenesis, with the increase of it the carbon becomes heavier.

Keywords: carbon isotopic composition, organic insoluble matter, catagenesis of organic matter, Siberian platform.

References

Kontorovich A.E., Bogorodskaya L.I., Golyshev S.I. *Zakonomernosti fraktsionirovaniya izotopov ugleroda v sedikakhitakh* [Patterns of carbon isotope fractionation in sediments]. Geologiya i geofizika, 1985, no. 9, pp. 34-42.

Organicheskaya geokhimiya paleozoya i dopaleozoya Sibirskoy platformy i prognoz neftegazonosnosti [Organic geochemistry of the Paleozoic and Pre-Paleozoic of the Siberian Platform and the forecast of their petroleum potential]. Editors K.K. Makarov, T.K. Bazhenova, Leningrad: Nedra, 1981, 211 p.

© Баженова Т.К., Голышев С.И., Падалко Н.Л., 2019