

В. С. ВЫШЕМИРСКИЙ, Е. Ф. ДОИЛЬНИЦЫН, В. Н. КРЫМОВА,
А. П. ПЕРЦЕВА

СООТНОШЕНИЯ В ИЗОТОПНОМ СОСТАВЕ УГЛЕРОДА НЕФТЕЙ И БИТУМОИДОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

(Представлено академиком А. А. Трофимуким 3 IX 1974)

При изучении генетических соотношений между нефтями и битумоидами изотопный состав углерода обладает значительными преимуществами перед другими геохимическими параметрами, поскольку он определяется главным образом характером материнского органического вещества и условиями его накопления, но практически не зависит от глубины залегания, геологического возраста, степени метаморфизма.

Авторы на небольшом количестве проб недавно показали, что изотопный состав углерода нефтей в Западной Сибири согласуется с фациями вмещающих отложений, что свидетельствует о сингенетичности нефтей ⁽¹⁾. Теперь на более представительном материале (101 проба) эта закономерность получила существенное уточнение, особенно благодаря сравнению нефтей с битумоидами (105 проб).

Экстракцию битумоидов из осадочных пород производили при комнатной температуре, с использованием аппарата для перемешивания жидкостей «АП-1» и центрифуги «Хирана». Диагностика автохтонных и аллохтонных битумоидов проведена по коэффициенту битумоидности, элементному и групповому составу.

Определения отношений стабильных изотопов углерода в нефтях и битумоидах выполнялись на масс-спектрометре МИ-1301 компенсационным методом, по описанной ранее схеме измерения ⁽²⁾, но с существенными изменениями. Разность отношений ионных токов образца и стандарта привязывалась не к нулевой линии усилителей постоянного тока масс-спектрометра, а к нулевой линии регистрирующего устройства, которое практически не имеет дрейфа нуля. Тем самым были уменьшены флуктуации измерительных устройств и вдвое повышена точность измерений.

В качестве внутрилабораторного стандарта использовалось диффузионное масло Д-1 с $\delta^{13}\text{C} = -2,484\%$. Стабильность стандарта регулярно проверялась в течение 7 лет. По изотопному отношению он близок к нефтям и битумоидам, что позволяет выбирать большой масштаб записи измерений и обеспечивает достаточную точность. Ошибка определений не более $\pm 0,02\%$. В табл. 1 и 2 все данные по изотопному составу углерода приведены в пересчете на международный стандарт РДВ.

Различия в характере фракционирования углерода в процессе фотосинтеза морскими, пресноводными и наземными растениями приводят к более интенсивному накоплению легкого углерода в телах пресноводных и, особенно, наземных растений ⁽³⁾. В связи с этим было естественным ожидать, что изотопный состав углерода нефтей будет контролироваться в основном фациальными обстановками нефтепроизводящих отложений, что и было впервые показано С. Р. Силверменом ⁽⁴⁾. В последующие годы неоднократно высказывались сомнения в универсальности этой закономерности ⁽⁵⁻⁷⁾.

Однако на нефтях и битумоидах Западной Сибири она выражена вполне четко.

Даже по средним данным, в которые включены все исследованные пробы (левая часть табл. 1), у нефтей из преимущественно континенталь-

ных толщ (покурская свита, верхняя часть васюганской, тюменская) углерод существенно легче, чем у нефтей из преимущественно морских толщ (вартовская, тарская и куломзинская, барабинская свиты, нижняя часть васюганской, средний палеозой). Эти материалы подтверждают рассматриваемую закономерность и свидетельствуют о преобладании в Западной Сибири сингенетичных нефтей, у которых изотопный состав углерода согласуется с фациально-палеогеографическими обстановками формирования соответствующих свит.

Однако интервалы колебания конкретных значений $\delta^{13}\text{C}$ у нефтей из континентальных и морских толщ частично перекрываются, а у нефтей вартовской и тюменской свит даже средние значения одинаковы. Это вызывается влиянием немногих нефтей, находящихся, скорее всего, во вторичном залегании. Например, нефти базальных горизонтов тюменской свиты по многим признакам сходны с палеозойскими и, видимо, мигрировали из морских отложений палеозоя. Нефти барабинской пачки тесно связаны с нефтями верхней части васюганской свиты, образуя единый нефтеносный горизонт Ю-1. Юрское происхождение нефтей вартовской свиты Соснинско-Советского месторождения предполагается рядом исследователей, основывающихся на химическом составе нефтей ⁽⁸⁾.

Если же ограничиться данными по несомненно сингенетичным нефтям (средняя часть табл. 1), то влияние фаций на изотопный состав углерода ясно выражается не только средними значениями, но и конкретными. Интервалы колебания их у нефтей из морских и континентальных толщ даже частично не перекрываются ни в одном случае. Эти материалы особенно убедительны потому, что неоднократные изменения фаций по разрезу во всех случаях сопровождаются соответствующими изменениями в изотопном составе углерода нефтей.

В правой половине табл. 1 к сингенетичным нефтям рассматриваемых свит добавлены нефти, которые мы считаем мигрировавшими из этих свит в другие. В частности, нефти базальных горизонтов тюменской свиты отнесены к палеозою. Некоторые эпигенетичные нефти не отнесены к какой-либо свите, поскольку авторы не могут уверенно судить о том, из какой части разреза эти нефти мигрировали. В правой части табл. 1 рассматривается значительно больше нефтей, чем в средней. Однако средние данные по группам нефтей и даже интервалы колебания конкретных значений $\delta^{13}\text{C}$ практически одинаковы. Очевидно, это подтверждает правильность диагностики вторичных нефтяных залежей и соответствие изотопного состава углерода нефтей фациям нефтепроизводящих отложений.

У аллохтонных битумоидов, как уже отмечалось раньше ⁽⁹⁾, углерод тяжелее, чем у сингенетичных нефтей тех же толщ, но легче, чем у автохтонных битумоидов. Вероятно, это объясняется тенденцией к концентрации тяжелых изотопов в крупных молекулах. Вместе с тем, ясно выражена зависимость изотопного состава углерода тех и других битумоидов от фаций отложений. У аллохтонных битумоидов эта зависимость проявляется слабее, в основном за счет относительной легкости углерода аллохтонных битумоидов в морских толщах. Если в континентальных толщах углерод аллохтонных битумоидов тяжелее углерода сингенетичных нефтей на 0,25—0,31%, то в морских толщах — только на 0,08—0,14%. Возможно, это связано с тем, что песчаные породы в толщах преимущественно морского происхождения (аллохтонные битумоиды развиты большей частью в песчаниках) в значительной части образовались в пресноводных или прибрежных условиях. Таким образом, аллохтонный битумоид изотопно облегчается за счет континентального автохтонного битумоида, содержащегося в тех же песчаниках.

Автохтонные битумоиды изотопно тяжелее сингенетичных нефтей на 0,37—0,62%, причем различия эти в морских и континентальных толщах примерно одинаковы. Чередование фаций по разрезу сопровождается па-

Изотопный состав углерода нефтей ($\delta^{13}\text{C}$, ‰)

Таблица 1

Возраст	Фация *	Все нефти				Сингенетические нефти				Сингенетические нефти и нефти, мигрировавшие из данной свиты			
		n	от	до	средн.	n	от	до	средн.	n	от	до	средн.
K _{1apt} —K _{2c}	K	2	—3,11	—3,11	—3,11	2	—3,11	—3,11	—3,11	2	—3,11	—3,11	—3,11
K _{1h} —br	M	12	—2,59	—3,46	—3,03	8	—2,59	—3,04	—2,85	8	—2,59	—3,04	—2,85
K _{1v}	M	27	—2,81	—3,16	—2,92	21	—2,81	—3,02	—2,93	21	—2,81	—3,02	—2,93
J ₃ ^{III}	M	5	—2,50	—3,18	—2,97	—	—	—	—	—	—	—	—
J ₃ ^{II}	K	18	—2,82	—3,34	3,15	13	—3,04	—3,33	—3,20	14	—3,04	—3,34	—3,18
J ₃ ^I	M	11	—2,77	—3,04	—2,92	11	—2,77	—3,04	—2,92	15	—2,50	—3,04	—2,89
J ₁₋₂	K	19	—2,66	—3,22	—3,03	7	—3,11	—3,22	—3,18	9	—3,11	—3,42	—3,17
D ₂ —C ₁	M	7	2,61	—3,12	—2,91	6	—2,61	—3,03	—2,88	18	—2,61	—3,04	—2,85
Σ	K	39	—2,66	—3,34	—3,09	22	—3,04	—3,34	—3,18	25	—3,04	—3,42	—3,18
	M	62	—2,50	—3,46	—2,95	46	—2,59	—3,04	—2,91	62	—2,50	—3,04	—2,90

* K — преобладание континентальных фаций, M — морских.

Изотопный состав углерода битумоидов ($\delta^{13}\text{C}$, ‰)

Таблица 2

Возраст	Фация	Аллохтонные битумоиды				Автохтонные битумоиды				Разность $\delta^{13}\text{C}$ авт. бит.—син. нефти
		n	от	до	средн.	n	от	до	средн.	
K _{1v}	M	10	—2,62	—3,02	—2,85	8	—2,41	—2,64	—2,53	+0,40
J ₃ ^{II}	K	2	—2,82	—3,08	—2,95	3	—2,60	—2,93	—2,76	+0,46
J ₃ ^I	M	2	—2,70	—2,74	—2,72	5	—2,50	—2,61	—2,55	+0,37
J ₁₋₂	K	10	—2,63	—3,04	—2,87	18	—2,41	—2,97	—2,64	+0,54
C—P	K	2	—2,87	—2,91	—2,89	6	—2,70	—2,88	—2,77	—
D ₂ —C ₁	M	22	—2,54	—3,06	—2,74	16	—1,66	—2,57	—2,26	+0,62
Σ	K	14	—2,63	—3,08	—2,88	27	—2,41	—2,97	—2,68	+0,50
	M	34	—2,54	—3,06	—2,77	29	—1,66	—2,57	—2,37	+0,54

раллельными изменениями в изотопном составе углерода и нефтей, и автохтонных битумоидов, а менее четко — также и аллохтонных битумоидов.

Зависимость изотопного состава углерода автохтонных битумоидов от фаций прослежена не только по разрезу, но и по простирацию. В готерив-барремских битумоидах наиболее легкий углерод ($\delta^{13}\text{C} = -3,15\%$) отмечен на крайнем юге Западно-Сибирской низменности, где почти весь разрез готерив-баррема представлен красноцветными континентальными и лагунными фациями. На Мыльджинской площади, в области развития прибрежно-морских и лагунных фаций, $\delta^{13}\text{C}$ увеличивается до $-2,89\%$. На Советско-Соснинском месторождении роль лагунных фаций значительно снижается, а $\delta^{13}\text{C}$ повышается до $-2,79 \div -2,82$. На Усть-Балыкском месторождении почти весь разрез готерив-баррема представлен морскими и прибрежно-морскими фациями. В соответствии с этим и углерод битумоидов здесь наиболее тяжелый ($\delta^{13}\text{C} = -2,64\%$).

Таким образом, довольно строгая зависимость изотопного состава углерода нефтей и битумоидов от фаций материнских отложений дает возможность различать сингенетичные и эпигенетичные нефти, а также отыскивать нефтепроизводящие свиты для нефтей, находящихся во вторичном залегании.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
28 VIII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. С. Вышемирский, Е. Ф. Доильницын, А. П. Перцева, ДАН, т. 194, № 2 (1970).
² Е. Ф. Доильницын, М. П. Александров и др., Приборы и техн. эксп., № 4 (1970).
³ K. Rankama, Progress in Isotope Geology, 1963. ⁴ S. R. Silverman, S. Epstein, Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol., v. 42, № 5 (1958). ⁵ K. Krejci-Graf, F. E. Wickman, Geochim. et cosmochim. acta, v. 18, № 3, 4 (1960). ⁶ Э. М. Галимов, Геохимия стабильных изотопов углерода, 1968. ⁷ Э. М. Галимов, Изотопы углерода в нефтегазовой геологии, 1973. ⁸ А. Э. Конторович и др., Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности, 1967. ⁹ В. С. Вышемирский, Е. Ф. Доильницын, А. П. Перцева, ДАН, т. 210, № 2 (1973).