

Е. Я. ГАВРИЛОВ, Ю. А. ЖУРОВ, Г. И. ТЕПЛИНСКИЙ

**О СВЯЗИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА АРГОНА И УГЛЕРОДА
В ПРИРОДНЫХ ГАЗАХ**

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 17 V 1971)

При изучении изотопного состава углерода и аргона в углеводородных газах мезозойских комплексов Западной Сибири впервые обнаружена зависимость изотопного состава углерода метана от содержания в газе воздушного аргона. Такая связь изотопного состава углерода и аргона в природных газах должна отражать общие закономерности формирования изотопного состава этих элементов, что представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Исследованы газы покурской серии и ее аналогов (апт — альб — сеноман) и валанжин-юрских положений. Пробы газа были отобраны в металлические контейнеры под давлением, что исключало захват воздушного аргона из атмосферы. Выделение аргона и его количественное измерение выполнены на установке типа Хлопина — Герлинга с конструктивными изменениями для определения содержания аргона в газах. Измерение изотопного состава проводили на масс-спектрометре типа МИ-1305 трехлучевым методом, используя двухканальную напускную систему с электромагнитными клапанами. В качестве эталона принят аргон воздуха. Точность измерений не ниже $\pm 1,5\%$. Избыточный аргон-40 рассчитывали по отношению (%):

$$Ar_{изб}^{40} = \frac{(Ar^{36}/Ar^{40})_{возд} - (Ar^{36}/Ar^{40})_{обр.}}{(Ar^{36}/Ar^{40})_{возд}}$$

Изотопный состав углерода определен по методикам, описанным ранее (1, 2). Результаты приведены в значениях δC^{13} относительно международного стандарта PDB. Точность определения величины δC^{13} составила $\pm 0,05\%$. Метан выделяли ректификацией углеводородов.

Результаты измерений приведены в табл. 1. По этим данным построен график зависимости изотопного состава углерода метана от содержания воздушного аргона. Для объяснения линейной

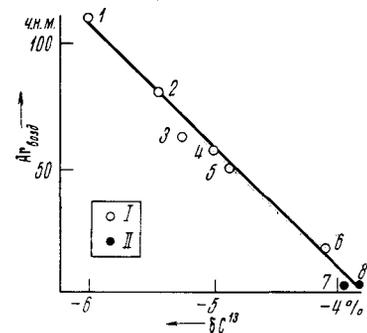


Рис. 1. 1 — Вэнгайхское, 2 — Комсомольское, 3 — Ныдинское, 4 — Уренгойское, 5 — Медвежье, 6 — Мессояхское, 7 — Новопортовское, 8 — Уренгойское месторождения. I — сеноманские отложения, II — юрские и валанжинские отложения

зависимости необходимо рассмотреть некоторые вопросы геохимии изотопов углерода и аргона, а также конкретные условия формирования газовых месторождений Западной Сибири.

Из табл. 1 и из рис. 1 видно, что содержание воздушного аргона в газах юрских и валанжинских отложений, представленных морскими фациями, существенно меньше (3,5—5,5 ч.н.м.*), чем в сеноманских континентальных образованиях (18,1—109,5 ч.н.м.). Согласно модели

* Ч.н.м. — части на миллион.

В. П. Савченко (3), воздушный аргон поступает в газовые залежи из пластовых вод, которые ранее находились в равновесии с воздухом. В этих условиях предельно возможная упругость воздушного аргона в залежах при достижении фазового равновесия определяется температурой и минерализацией воды в седиментационном бассейне, с одной стороны, и изменением этих параметров при захоронении осадков — с другой. Однако разницу концентраций воздушного аргона в газах верхнего и нижнего комплексов нельзя объяснить только изменением растворимости аргона воздуха с различной минерализацией исходных бассейнов седиментации и изменением температуры в пластовых водах, поскольку различие концентраций аргона в этом случае не превысит 1,5—2 раза.

Таблица 1

Изотопный состав углерода метана и аргона природных газов

Месторождение	№ скв.	Интервал перфорации, м	Возраст коллектора	Ar _{общ.} ч.н.м.	Ar ⁴⁰ _{изб.} %	Ar _{рад.} ч.н.м.	Ar _{возд.} ч.н.м.	δ C ¹³ _{CH₄} %
Вангайское	3	794—796	С ₂ sm	116,7	6,2	7,2	109,5	-6,03
Комсомольское	7	971—977	То же	89,3	10,3	9,2	80,1	-5,47
Ныдинское	6	1148—1176	» »	68,1	8,4	5,7	62,4	-5,29
Уренгойское	13	1280—1230	» »	63,2	9,1	5,8	57,4	-5,02
Медвежье	12	1132—1188	» »	58,8	14,3	8,4	50,4	-4,93
Медвежье	11	1139—1165	» »	56,4	13,5	7,6	48,8	-4,91
Мессояхское	P-9	833—839	» »	26,5	31,8	8,4	18,1	-4,41
Новопортовское	79	1796—1802	С ₁ vlg	12,1	53,4	6,5	5,5	—
Новопортовское	79	1828—1835	То же	7,2	53,9	3,9	3,3	-3,96
Уренгойское	17	3000—3020	J	8,2	59,7	4,9	3,3	-3,84

Изменение упругости аргона в газовой залежи контролируется не только механизмом фазового равновесия. Аргон из пластовой системы может быть вынесен совместно с углеводородами при миграции последних в газовой фазе. При этом пластовые воды, которые являются поставщиком аргона в газовую залежь, обедняются аргоном (4), что определяет понижение предельно возможной упругости аргона во вновь образующихся газовых залежах. При миграции углеводородов из пластовой системы теряется как воздушный, так и радиогенный аргон. Тот же факт, что радиогенный аргон постоянно генерируется и поступает в пластовую систему, а воздушный при отсутствии активного инфильтрационного водообмена не пополняется, приводит к тому, что процент радиогенного аргона по отношению к общему с течением времени возрастает.

Низкую концентрацию Ar_{возд.} и Ar_{рад.}, а также повышение концентрации Ar⁴⁰_{изб.} в газах юрских и валанжинских отложений можно объяснить выносом аргона углеводородными газами в атмосферу до отложения глинистой покрышки в валанжинское время. Миграция газов в атмосферу из сеноманских отложений была развита слабее, в связи с тем, что региональная турон-палеогеновая глинистая покрышка появилась до погружения газоматеринских отложений в зону катагенеза, т. е. до начала интенсивного газообразования в покурской серии. Сделанное предположение о большом масштабе потерь газа из нижнего комплекса подтверждается распределением радиогенного аргона, содержание которого в газах сеноманских отложений в среднем в 1,5 раза выше, чем в газах юрских и валанжинских отложений. При этом не исключена возможность вертикальной миграции углеводородов в поствалланжинское время через литофацциальные окна валанжинской покрышки, поскольку последняя не выдержана литологически. Этот процесс приводит к поступлению в верхний комплекс газов, обедненных Ar_{возд.}, что должно обусловить снижение его концентрации в газах сеноманских отложений. Смещение в разных пропорциях сингенетичных газов покурской серии с газами нижнего комплекса явилось причиной широких вариаций

содержания воздушного аргона в газах верхнего комплекса. При этом миграция газа из нижнего комплекса в верхний сопровождалась обогащением его метаном по сравнению с более тяжелыми углеводородами⁽⁵⁾.

Роль вертикальной миграции при формировании сеноманских залежей была отмечена ранее^(6, 7). Наряду с этим ряд авторов^(8, 9) отрицают возможность развития вертикальной миграции в этом районе. В последнее время опубликованы работы^(10, 11), в которых делается попытка на основании различия в изотопном составе углерода газов двух комплексов подтвердить вторую точку зрения, не рассматривая при этом вариации изотопного состава углерода в пределах комплексов.

Совместное рассмотрение изотопного состава углерода и аргона и выявление зависимости между изотопией этих элементов позволило по-новому интерпретировать экспериментальные данные.

Учитывая, что метан, образующийся на ранних стадиях преобразования органического вещества, более обогащен легким изотопом C^{12} по сравнению с метаном последующих стадий газогенерации⁽¹²⁾, можно допустить, что потеря углеводородов ранних стадий газогенерации из газоматеринских отложений при вертикальной миграции приведет, в общем случае, к увеличению контраста в изотопном составе углерода метана газовых залежей, расположенных на разной глубине. Следовательно, один и тот же процесс — процесс потерь газа газоматеринскими отложениями — приводит к однонаправленному изменению изотопного состава как углерода метана, так и аргона.

Если предположить, что газ из сеноманской залежи Венгояхского месторождения сингенетичен, судя по максимальной концентрации воздушного аргона (109,5 ч.н.м.) и по минимальному содержанию изотопа C^{13} в метане ($\delta C^{13} = -6,03\%$), то вариации в изотопном составе углерода можно объяснить смешением сингенетичных газов и мигрировавших из нижнего комплекса, причем доля мигрировавших газов неодинакова для разных залежей: для газа Мессояхского месторождения она максимальна и превышает 75%. Правомерность такого предположения подтверждается наличием линейной зависимости между величинами $Ar_{возд}$ и δC^{13} .

Таким образом, условия формирования газовых месторождений в значительной степени влияют на распределение изотопов аргона и углерода в залежи, и их совместное изучение может явиться дополнительным показателем условий миграции и аккумуляции природных газов. Подобное совместное изучение изотопного состава элементов уже принесло свои положительные результаты. Так, исследование изотопии углерода и серы^(13, 14) позволило выявить поисковые признаки месторождений самородной серы и решить ряд вопросов генезиса серных месторождений.

Выполненное нами комплексное изучение изотопного состава углерода и аргона в природных газах дает качественно новую возможность интерпретации условий формирования газовых месторождений.

В заключение следует отметить, что воздушный аргон обнаружен не только в составе свободных и растворенных газов осадочной толщи, но и в газах всех исследованных минералов как осадочных, так и магматических пород. Это позволяет использовать данные по содержанию воздушного аргона как в газовой геологии, так и для решения вопросов, связанных с выяснением условий литогенеза и метаморфизма осадочных пород.

Авторы выражают искреннюю признательность В. П. Савченко, А. П. Козлову и Ю. А. Борщевскому за обсуждение рукописи и ценные замечания.

Поступило
29 IV 1971