

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. В.И.ВЕРНАДСКОГО

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

СИМПОЗИУМ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ В ГЕОЛОГИИ

19 - 21 ДЕКАБРЯ 1966 года.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МОСКВА - 1966

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. В.И.ВЕРНАДСКОГО
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

5504/03/

СИМПОЗИУМ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ В ГЕОЛОГИИ

19 - 21 ДЕКАБРЯ 1966 года.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МОСКВА - 1966



1242

ИЗОТОПНЫЕ СООТНОШЕНИЯ КИСЛОРОДА И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ

Е.И. Донцова

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.
Вернадского АН СССР 7

1. Основной тенденцией в распределении изотопов кислорода в горных породах является максимальное накопление O^{18} в осадочных породах и минимальное его содержание в изверженных. Метаморфические породы занимают промежуточное положение. Осадочные породы в процессах метаморфизма теряют O^{18} в тем большей степени, чем больше степень их метаморфической измененности. Ответственными за потерю O^{18} осадочными породами в процессе метаморфизма являются изотопные обменные реакции кислорода, константа равновесия которых находится в обратной зависимости от температуры. Метаморфические процессы, как правило, протекают при температурах более высоких чем процессы осадкообразования, поэтому процесс метаморфизма связан с потерей O^{18} осадочными породами. При надлежащей постановке исследований величина δO^{18} может быть использована как количественная характеристика метаморфизма.

2. В пределах группы изверженных пород наблюдается возрастание содержания O^{18} при переходе от ультраосновных пород к кислым. Узкий предел колебаний значений δO^{18} для ультраосновных и основных пород свидетельствует о единообразных условиях их образования.

Разброс значений δO^{18} для кислых пород свидетельствует об отличии и большем разнообразии условий генезиса этих пород.

3. По содержанию O^{18} главные породообразующие минералы изверженных горных пород располагаются в закономерный ряд, остающийся неизменным в ультраосновных, основных и кислых породах. Этот ряд совпадает с последовательностью образования минералов при нормальной магматической кристаллизации. Имеет место корреляция между общим содержанием O^{18} в породе и его содержанием в породообразующих минералах. Степень обогащения кислорода мономинеральных фракций изверженных пород тяжелым изотопом находится в связи с особенностями их кристаллической структуры.

4. Определяемые вариации в изотопном составе кислорода одноименных минеральных фракций в различных изверженных породах являются результатом установления равновесия изотопов кислорода, отвечающего условиям образования этих пород. Характер распределения изотопов кислорода в породообразующих минералах изверженных пород и количественная интерпретация могут послужить для оценки условий формирования магм данного типа.

5. Значения δO^{18} для гранитов резко отличаются от таковых для пород осадочного и метаморфического генезиса. Распределение же изотопов кислорода в мономинеральных фракциях гранитов, отличаясь количественно, качест-

венно является аналогичным наблюдаемому для пород типично магматического генезиса. Рассмотрение особенностей распределения изотопов кислорода в кислых породах и их мономинеральных фракциях позволяет делать некоторые заключения о процессах сопровождающих гранитизацию.

6. Получение данных о содержании O^{18} в диатомитах и гидротермальных кварцах, а также лабораторное изучение изотопного обмена кислорода в системе $SiO_2 - H_2O$ в широком интервале температур и установление зависимости $K_{равн.} = f(T)$, позволяют подойти к определению температур образования осадочного SiO_2 и гидротермальных кварцев.

7. Определение δO^{18} двух совместно кристаллизовавшихся минеральных фаз позволяет определять температуры кристаллизации минералов в изверженных горных породах. В этом случае дополнительные трудности накладываются необходимостью определения зависимости константы равновесия изотопного обмена кислорода в системе минерал-минерал.

8. Отсутствие знания зависимости константы равновесия изотопного обмена кислорода от температуры для главных породообразующих минералов, таких как плагиоклаз и сосуществующие с ним биотит, роговая обманка, не позволяет производить количественную интерпретацию данных по δO^{18} в этих мономинеральных фракциях. Однако, даже качественное рассмотрение этих данных дает

информацию о породообразующих процессах, напр. степени достижения равновесия, сравнительных температурах кристаллизации и др.

9. В докладе рассматриваются примеры исследования изотопных соотношений кислорода в геологических образованиях, используемые как средство для понимания некоторых аспектов гидротермальных, метаморфических процессов, метасоматоза, диагенеза, а также исследования использующие изотопные данные для поисков источников вещества руд и пород.

10. Обсуждаются перспективы использования соотношений изотопов кислорода в породах и минералах для решения геологических задач.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ДРЕВНИХ МОРЕЙ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ
И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ РАЙОНОВ СССР МЕТОДОМ ИЗОТОПНОЙ
ПАЛЕОТЕРМОМЕТРИИ

Д.П.Найдин, Р.В.Тейс, И.К.Задорожный

Московский государственный университет им.М.В.
Ломоносова

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского АН СССР

1. По данным исследования изотопного состава кислорода ростов белемнитов, получен общий характер изменения температур морей Русской платформы и ее обрамления в течение позднемеловой эпохи. Колебания температур для всей исследованной территории не превышало $9-10^{\circ}$, а для Русской платформы $3-4^{\circ}$. Общий ход изменения температурной кривой Русской платформы очень

спокойный с небольшим, но устойчиво прослеживаемым минимумом в раннем маастрихте, за которым следует новое повышение.

Ход температурной кривой для Русской платформы сходен с ходом кривой полученной американскими авторами для Западной Европы, но температуры Русской платформы ниже. Основное различие — отсутствие коньяк-сантонского максимума кривой для Русской платформы.

2. Различие в температурах позднего мела Русской платформы и Западной Европы объясняется характером пространственного распределения температур в позднемеловых бассейнах по долготе: температуры уменьшаются с Запада к востоку.

3. Различные виды белемнителлид дают несколько различную температуру, по-видимому, в зависимости от глубины обитания. Найдено, что мелкие актинокамаксы дают более высокое значение, чем другие виды. Этим объясняется наличие коньяк-сантонского максимума кривой, полученной американскими авторами, так как он определен именно по мелким актинокамаксам.

4. Температура позднемеловых бассейнов, определенных по раковинам других ископаемых /двустворок, брахиопод, серпулид/ дают более высокие значения по сравнению с белемнитами.

5. Ход изменения температур верхне-юрских бассейнов Русской платформы имеет иной характер по сравнению с позднемеловыми. Температуры заметно повышаются от келлова к верхне-волжскому ярусу. Амплитуда достигает 12-14°C.

СЕЗОННЫЕ ПАЛЕОТЕМПЕРАТУРЫ ПО ИЗОТОПНОМУ СОСТАВУ
КИСЛОРОДА ОРГАНОГЕННОГО КАЛЬЦИТА РАКОВИН МОЛЮСКОВ

Р.В.Тейс, Д.П.Найдин, И.К.Задорожный

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.
Вернадского АН СССР,

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

1. Отношение O^{18}/O^{16} кальцита колец нарастания створок некоторых современных и ископаемых пелеципод различно. Это обусловлено сезонными изменениями температур.

2. По створкам современного *Chlamys swiftii* из Японского моря получены колебания значений температур от $3-4^{\circ}$ до $16-18^{\circ}C$. Сходные колебания получены по створкам этого же вида из плиоценовых отложений Камчатки.

3. Максимальные значения температур по пелециподам выявлены для участков замедленного нарастания створок — узких концентрических колец нарастания. Это совпадает с наблюдениями Г.Хаскина /1954/, К.Вильбура и Г.Оуэна /1964/, установившим, что створки пектиниц растут летом медленнее по сравнению с весной и осенью.

4. Колебания отношения O^{18}/O^{16} в послонно отобранных пробах вещества ростов юрских белемнитов также может быть объяснено колебаниями значений сезонных температур. Юрские белемнитиды, очевидно, должны быть отнесены по классификации А.Парра /1933/ к гетеростенотермным формам, характеризующимся относительно значительными различиями между зимними и летними температурами.

5. По рострам верхнемеловых белемнитов подобные значительные колебания температур в целом не установлены. Это, вероятно, связано с тем, что они были гомостенотермными организмами с небольшими и плавными сезонными амплитудами температур.

6. Лишь для первого видимого ростра и прилежащих центральных участков ростра верхнемеловых белемнитов установлены более высокие значения температур /по сравнению с остальным ростром/. Это, по всей видимости, объясняется тем, что ранние стадии развития белемнитов проходили летом в прогреваемых мелководных зонах моря.

7. Обсуждается возможность иных /помимо обусловленных сезонными колебаниями температур/ причин меняющегося изотопного состава кислорода кальцита линий нарастания белемнитид и колец нарастания створок пелеципод.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КВАРЦЕВ ПО ИЗОТОПНЫМ СООТНОШЕНИЯМ КИСЛОРОДА

Е.И.Донцова, Г.Б.Наумов

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.

Вернадского АН СССР

1. Существует связь между изотопным фракционированием кислорода в системе минерал-вода и температурой, при которой система находится в изотопном равновесии. При наличии термодинамического равновесия выражение для коэффициента фракционирования системы эквивалентно тако-

вому для константы равновесия реакции изотопного обмена. Выражая $K_{\text{равн}}$ через экспериментально определяемые величины соотношений изотопов кислорода веществ, находящихся в термодинамическом равновесии и зная общий вид её зависимости от температуры

$$\ln K = \frac{A}{T^n} + B$$

можно определить эту температуру.

2. При определении температур кристаллизации минералов из водных растворов по величине δO^{18} минерала должны соблюдаться условия наличия равновесного процесса кристаллизации, знания δO^{18} воды, из которой происходит кристаллизация, постоянства её δO^{18} и отсутствия вторичных изменений образцов. В связи с рядом принятых допущений, касающихся выше приведенных условий, найденная ранее эмпирическая зависимость $K_{\text{равн}} = f/T$ для системы кварц-вода имеет приближенный характер.

3. В настоящей работе предпринята попытка получения экспериментальной зависимости $K_{\text{равн}} = f/T$ для системы кварц-вода путем определения соотношений изотопов кислорода в образцах гидротермального кварца, температуры кристаллизации которых из гидротермальных растворов в равновесных условиях были определены методами гомогенизации включений и декрипитации.

4. Для изученных образцов гидротермальных кварцев температуры их образования, полученные из изотопных данных находятся в хорошем согласии с температурами найден-

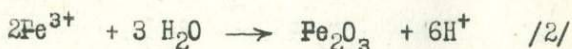
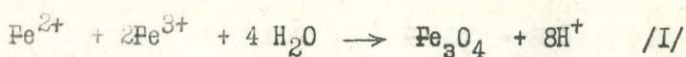
ными другими методами. Эмпирическая зависимость $\delta O^{18} = f(T)$ получена при единственном допущении, что величина δO^{18} гидротермальных растворов, из которых происходила кристаллизация кварца, одинакова для всех изученных случаев. Вычислены константы равновесия изотопного обмена для системы кварц-вода. Найденная зависимость $\delta O^{18} = f(T)$ может, с достаточной степенью приближения, служить для определения температур образования гидротермальных кварцев в интервале температур 50-400°C.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ
КИСЛОРОДА ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ГЕНЕЗИСА РУДНЫХ МИНЕРАЛОВ
ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КРИВОГО РОГА

Ю.П.Мельник, И.П.Луговая
Институт геологических наук АН УССР

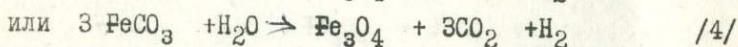
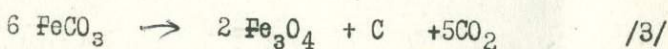
Рудные минералы железа в метаморфизованных железистых кварцитах Кривого Рога представлены магнетитом, гематитом и сидероплезитом. До настоящего времени особенности генезиса этих минералов продолжают оставаться дискуссионными. Основной рудный минерал - магнетит рассматривается в одних работах как первично-осадочный или диагенетический /Г.Джеймс, Н.Хьюбер, В.С.Федорченко/, а в других работах - как метаморфический минерал, возникший в результате преобразования первичного сидерита /Ван-Хайз, П.П.Пятницкий, Н.И.Свитальский и др./ или гидроокислов железа и гематита /Ю.Ю.Юрк, Е.Ф.Шнюков, Н.А.Плексенко /.

В случае первично-осадочного образования окислов по схематическим реакциям:



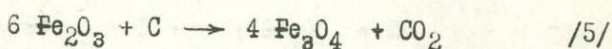
изотопный состав кислорода гематита и магнетита должен быть близким, учитывая слабый эффект фракционирования /Джеймс, Клейтон/.

В случае метаморфического образования магнетита за счет сидерита:



кислород Fe_3O_4 должен быть обогащен O^{18} относительно кислорода первично-осадочного гематита в результате сохранения части более тяжелого кислорода карбоната в кристаллической решетке магнетита.

В случае образования магнетита при метаморфическом восстановлении гематита:



кислород Fe_3O_4 должен быть обеднен O^{18} относительно исходного Fe_2O_3 в результате вероятного фракционирования между Fe_3O_4 и CO_2 .

Определения изотопного состава кислорода магнетитов железистых кварцитов /табл. I/ показали наличие существенных колебаний величин δO^{18} . Различия в изотопном составе кислорода магнетитов находятся в определенной связи с минеральными парагенезисами пород. Наиболее низкие значения δO^{18} фиксируются в магнетитах,

ассоциирующих с первичным мелкодисперсным гематитом; промежуточные значения $\delta^{18}\text{O}$ - в собственно магнетитовых породах; повышенные значения $\delta^{18}\text{O}$ характерны для магнетитов, ассоциирующих с первичным сидероплезитом; максимум $\delta^{18}\text{O}$ достигает в породах, содержащих наряду с сидероплезитом сульфиды железа.

Учитывая примерно одинаковую степень метаморфизма изученных пород /фашия зеленых сланцев/, можно предполагать, что найденные различия $\delta^{18}\text{O}$ магнетитов в значительной мере объясняются первичным изотопным фракционированием, что находится в согласии с предположением Т.Шарма, Р.Мюллера, и Р.Клейтона.

Для гематит-магнетитовых кварцитов наиболее вероятно первично-осадочное или диагенетическое образование обоих окислов железа по реакциям 1-2. В сидерит-магнетитовых породах магнетит возник преимущественно при метаморфическом преобразовании сидерита /реакции 3-4/. В собственно магнетитовых и силикатно-магнетитовых кварцитах магнетит мог образоваться сложным путем с различной степенью участия первично-осадочного и метаморфического процессов. Образование магнетита в результате непосредственного восстановления Fe_2O_3 при метаморфизме /реакция 5/ мало вероятно, поскольку $\delta^{18}\text{O}$ большинства магнетитов значительно выше, чем $\delta^{18}\text{O}$ гематитов.

Таблица I

Изотопный состав кислорода рудных минералов
железистых кварцитов Кривого Рога

№ № проб	Рудник	ассоциирующие минералы ^{х/}	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$ (SMOW)	
			Mgt	Нem
И-2	Ингулец	гематит	-	-3,6
И-5	Ингулец	гематит, магнетит, амфибол	+1,3	+2,5
И-16	ЮГОК	гематит, магнетит	+2,6	+2,7
2554	ЦГОК	магнетит, слюды, долом и т	+5,6	-
2555	ЦГОК	магнетит, слюды, хлорит	+7,0	-
2551	ЦГОК	магнетит, слюды, хлорит	+8,8	-
2558	ЦГОК	магнетит, слюды	+8,8	-
2575	ЮГОК	магнетит, гематит, слюды	+9,5	-
2578	ЮГОК	магнетит, сидероплезит	+10,4	-
2585	им. Валяв- ко	магнетит, амфибол, сидеро- плезит	+10,5	-
33119	им. Артема	магнетит, амфибол	+10,9	-
2574	ЮГОК	магнетит, сидероплезит, пирит	+14,8	-
2577	ЮГОК	магнетит, сидероплезит, пирит	+15,0	-

^{х/} Кроме кварца, присутствующего во всех ассоциа-
циях.

ИЗОТОПНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Е.И. Донцова, А.В.Миловский

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.
Вернадского АН СССР,

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

1. Общее рассмотрение накопленных данных по соотношениям изотопов кислорода в различных типах горных пород позволило сделать заключение о том, что осадочные породы в процессах метаморфизма теряют тяжелый изотоп кислорода.

2. Одним из наиболее вероятных объяснений этого явления может служить тот факт, что метаморфические изменения осадочных пород протекают при температурах более высоких, чем температуры осадкообразования. Процессы метаморфизма, таким образом, характеризуются более низкими величинами коэффициента распределения изотопов кислорода при изотопном обмене в системе силикат-вода.

3. Накопление экспериментальных данных, глубокое изучение закономерностей изменения изотопных соотношений кислорода в сериях и группах метаморфических пород и изучение изотопного обмена кислорода в системе силикат-вода, позволяет использовать величину $\delta^{18}\text{O}$ пород, как количественную характеристику метаморфизма.

4. В настоящей работе проведено изучение соотношений изотопов кислорода в метаморфической серии пород /разрез р.Гарёвки/ и мономинеральных фракциях пород, по-

казавшее закономерное уменьшение содержания тяжелого изотопа кислорода от филлитов до гранито-гнейсов.

5. Сопоставление изотопных данных с данными количественного спектрального анализа изученных пород показало, что изотопный метод является гораздо более эффективным средством исследования метаморфизма, чем изучение распределения в этих породах ряда элементов.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ВОД ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ И ВУЛКАНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ

В.Е.Ветштейн, Т.П.Гуляницкая, В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов,
М.Н.Шимараев

Институт физической химии им.Л.В.Писаржевского АН УССР
Всесоюзный научно-исследовательский институт геофизики
и геохимии МГ СССР

Изучено распределение изотопа O^{18} по глубине водной толщи Тропической Атлантики. Обнаружены очень незначительные изменения изотопного состава по вертикали /0,13% для 0-2800 м/, с максимумом на поверхности, общей тенденцией уменьшения содержания O^{18} с глубиной и минимумом на уровне 500 м и придонном слое воды. Результаты этих определений согласуются с опубликованными для других пунктов данными лаборатории Г.Юри /Эпштейн, Маеда, Фридман/.

Проведены детальные исследования изотопного состава вод озера Байкал с целью установления механизма водообмена и интенсивности переноса воды по вертикали и по слоям.

Изучено распределение изотопов водорода и кислорода воды по вертикали через интервалы 100-200 м северной и средней глубоководных впадин озера Байкал, одновременно проводились измерения температур по вертикали.

Среднее значение концентрации дейтерия $/0,95$ относительно стандарта/ и кислорода -18 $/-0,75\%$ относительно стандарта/ в озере испытывает незначительные вариации $/\pm 4\%$ и $\pm 0,1\%$ относительно стандарта/, что соответствует уровню концентрации дейтерия и кислорода -18 в воде рек Сибири.

1242
Отмечено сходство распределения дейтерия и кислорода по вертикали глубоководной впадины озера /в 5 км восточнее мыса Ухан/. Максимум концентрации D $/-1\%$ / и O^{18} $/-0,68\%$ / соответствует отметке глубин 700 м. В поверхностном слое также отмечено повышение концентрации дейтерия и кислорода -18 , которое можно отнести за счет испарения воды из верхнего слоя озера.

В придонном слое воды и на глубине 200 м концентрация кислорода -18 и дейтерия минимальна. Можно допустить, что вода с минимальным содержанием дейтерия и кислорода обязана своим происхождением речному стоку снеговой воды.

Полученное распределение дейтерия и кислорода -18 отражает водный режим озера в период, предшествующий периоду осенней гомотермии. Можно ожидать изменение характера распределения тяжелых изотопов водорода и кис -



лорода в другие периоды времени. Изучение распределения дейтерия и кислорода-18 по вертикали в другие периоды позволит сделать окончательные выводы о характере водообмена в озере.

Изучение вод вулканов и гейзеров Камчатско-Курильской гряды показывает, что вода вулканов, которая, в основном, магматического происхождения, близка по изотопному составу к океаническим водам, в то время как вода гидротермальных источников и гейзеров близка к водам рек и озер Сибири.

Разработан метод прецизионного изотопного анализа кислорода природных вод. Метод использует реакцию персульфата калия с водой для выделения кислорода из воды без искажения его изотопного состава, что было проверено специальными опытами. Выделенный таким образом молекулярный кислород анализируется на серийном масс-спектрометре МИ-1305, переоборудованном и дополненном клапанной системой дифференциального впуска образцов. Точность метода $\pm 0,02 \div 0,03$ % от отношения O^{18}/O^{16} .

Изотопный анализ водорода проводился фотонейтронным методом во ВНИИЯГГ"е /точность не ниже 3% /. Изотопные определения в данной работе даны относительно Московской водопроводной воды, отобранной в августе 1962 года и принятой в качестве стандарта.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ СЕРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Л.Н.Гриненко, В.А.Гриненко.

Центральный научно-исследовательский горноразведочный институт редких, рассеянных и благородных металлов МГ СССР и Институт Геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского АН СССР.

1. Интерпретация изотопных данных в геологических исследованиях основана на знании закономерностей распределения изотопов и процессов, приводящих к их разделению.

Для изотопов серы характерно следующее распределение в природных объектах: сера подкорового происхождения идентична по изотопному составу сере метеоритов, принимаемой за стандарт; сера сульфидов осадочных пород при широком диапазоне вариаций изотопных отношений в большинстве случаев обогащена изотопом S^{32} ; осадочные сульфаты-изотопом - S^{34} ; сульфиды эндогенных месторождений имеют как разные пределы колебаний изотопов серы, так и разные значения изотопных отношений.

2. Два основных процесса ответственны за разделение изотопов серы в земной коре: 1) бактериальная редукция сульфатов в экзогенных условиях и 2) изотопные обменные реакции соединений серы в эндогенных условиях.

3. Содержание и изотопный состав серы сульфидов осадочных пород определяется интенсивностью процесса редукции и количеством сульфата в сфере деятельности бактерий.

Изотопные данные неметаморфизованных осадочных пород можно использовать для выяснения газового режима древних морей, а осадочных эвалоритов — для изучения палеогеографических условий формирования древних бассейнов.

Приводятся примеры применения изотопного метода для определения генезиса месторождений самородной серы.

4. Изотопный состав серы сульфидов месторождения отражает соотношение изотопов этого элемента в первичном источнике рудообразующего вещества и процессы разделения изотопов в ходе рудоотложения.

5. Учитывая различия состава серы источников, изотопный анализ серы можно применять, в сочетании с другими геологическими методами, для выделения основных генетических классов месторождений и, в первую очередь, магматогенных и осадочных.

Для месторождений сульфидов, образованных за счет биогенного сероводорода, характерен широкий диапазон вариаций изотопного состава при значительном обогащении серы изотопом S^{32} / Медные месторождения Родезии, урановые месторождения плато Колорадо/.

Эндогенные месторождения отличаются более узким диапазоном вариаций изотопного состава серы при повышенном содержании изотопа S^{34} в большинстве случаев.

Месторождения собственно магматические характеризуются следующими особенностями изотопного состава серы:

- 1) узким диапазоном вариаций изотопных отношений и
- 2) отсутствием различий в составе серы сингенетических и

эпигенетических типов руд. Поскольку руды этих месторождений связаны с базит-гипербазитовыми интрузиями, источником которых является вещество верхней мантии, отличия величин отношения S^{32}/S^{34} от метеоритной серы свидетельствуют об ассимиляции корового материала основной /ультраосновной/ магмой.

Гидротермальные месторождения показывают различные диапазоны вариаций изотопного состава серы при разных средних отношениях S^{32}/S^{34} . Это указывает на заимствование серы рудных минералов предпочтительно из корового материала.

6. Вариации изотопных отношений серы в месторождениях могут быть обусловлены фракционированием изотопов в ходе эволюции рудообразующего источника, разделением при окислительно-восстановительных процессах и совмещением на месторождении чужеродных минеральных ассоциаций.

7. Для того, чтобы изотопный анализ широко вошел в практику геологических исследований, необходимо проводить изучение изотопного состава большой систематически подобранной серии образцов, достаточной для статистической обработки результатов.

ИЗОТОПЫ СЕРЫ И ПРОБЛЕМЫ РУДООБРАЗОВАНИЯ

В.И.Виноградов

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР.

I. Многие особенности рудных месторождений, кажущиеся

важными, такие как связь оруденения с магматизмом, зональность, стадийность оруденения, сульфидный парагенезис и т.п., не находят своего прямого отражения в изотопном составе серы. Это обстоятельство заставляет использовать иной подход к проблеме и исходными считать особенности распределения изотопов серы в минералах рудных месторождений.

2. Наиболее яркой такой особенностью является систематическая разница в изотопном составе серы гидротермальных сульфатов и сульфидов. В подавляющем большинстве случаев сульфаты относительно обогащены тяжелым изотопом S^{34} , а сульфиды — легким изотопом S^{32} .

3. Если это различие взаимообусловлено, то может быть два пути его объяснения: разделение изотопов серы в ходе равновесных (термодинамический изотопный эффект) и неравновесных (кинетический изотопный эффект) процессов.

4. Равновесный изотопный обмен в системе сульфат-сульфид должен приводить именно к такому распределению изотопов серы, которое наблюдается в природных образцах. Однако, возможность изотопного обмена серы между сульфатом и сульфидом очень проблематична и условия такого обмена не определены. Доказательства его реального существования отсутствуют.

5. Кинетический изотопный эффект проявляется при восстановлении сульфатов и в настоящее время оказывается единственным доказанным процессом существенного фракционирования изотопов серы в природной обстановке. До по-

следнего времени оставалась неясной его температурная зависимость.

6. Специально проведенные эксперименты по восстановлению сульфатов в широком диапазоне температур (320-900°) позволили построить кривую температурной зависимости кинетического изотопного эффекта.

7. Сделана попытка объяснить реально наблюдаемые различия в изотопном составе серы гипогенных сульфатов и сульфидов рудных месторождений восстановлением сульфатов. Изучено распределение изотопов серы в железорудном-алунитовом месторождении Дашкесан-Заглик, в месторождениях Алмалыкского рудного поля, в большом числе ртутных месторождений и многих других.

8. Распределение величин изотопных отношений серы в сульфатах имеет отчетливый максимум в области значений δS^{34} 15-25%, что позволяет высказать предположение о морском происхождении значительной доли сульфат-иона в минералах изученных рудных месторождений.

9. Изотопный состав сульфидной серы рудных месторождений обнаруживает коррелятивную зависимость с составом серы сульфатов. Это позволяет предположить, что одним из главных источников сульфидной серы рудных месторождений были сульфаты морского генезиса.

10. Высказанные соображения соответствуют взглядам, развиваемым А.М.Овчинниковым, А.И.Германовым и мн. др. об участии артезианских вод в рудообразовании.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ СЕРЫ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ
РАЗЛОЖЕНИИ СУЛЬФИДОВ.

В.А.Гриненко, Л.Н.Гриненко

Институт Геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского АН СССР и Центральный научно-исследовательский горноразведочный институт редких рассеянных и благородных металлов.

1. Изучение изотопного состава серы ряда месторождений позволило вскрыть некоторые закономерности распределения изотопов серы, причины и механизм которых, однако, однозначно не установлены.

2. В данной работе приводятся экспериментальные данные по изучению разделения изотопов серы при некоторых реакциях, возможных в процессе метасоматоза и метаморфизма.

3. Изучено разделение изотопов серы при разложении сульфидов парами воды в атмосфере водорода и азота в интервале температур 300-600°C.

4. Показано, что выделяющийся сероводород обогащается изотопом S^{34} по сравнению с исходным сульфидом, причем коэффициент разделения зависит от минерального вида сульфида.

5. При совместном выделении H_2S и SO_2 происходит перераспределение изотопов между этими формами серы, в результате чего SO_2 обогащается изотопом S^{34} по сравнению с H_2S . Это указывает на протекание изотопной обменной реакции между H_2S и SO_2 , коэффициент разделения для ко-

торой, найденный экспериментально для 550°C , близок к теоретическому и составляет 1,006.

6. Полученные данные обсуждаются в связи с интерпретацией изотопных отношений серы применительно к месторождениям, образованным за счет серы, заимствованной из вмещающих пород при процессах метасоматоза и метаморфизма перемещенной в газовой фазе.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ И ВОДОРОДА НЕФТЕЙ, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПАЛЕОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕФТЕМАТЕРИНСКОГО БАССЕЙНА

Р.Г.Панкина

Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный нефтяной институт МГ СССР.

Рядом исследователей на основании изучения изотопного состава серы было показано, что между серой нефтей и сульфатами нефтематеринских бассейнов существует генетическая связь. Эта связь выражается в том, что нефти содержат серу на $10-20^{\circ}/\text{оо}$ обогащенную легким изотопом по сравнению с сульфатами.

При сопоставлении изотопного состава серы нефтей с сульфатами считалось, что исходные сульфаты соответствующего нефтематеринского бассейна по изотопному составу серы близки к сульфатам мирового океана этого же времени.

Однако образование нефти может происходить и в замкнутых морях или лагунах, в которых могут создаваться специфические условия, приводящие к изменению значения δS^{34} сульфатов, в частности, в сторону их утяжеления. Нефти,

образовавшиеся в таких условиях, должны отличаться специфическими особенностями изотопного состава серы.

В настоящей работе рассматриваются характерные особенности изменения изотопного состава серы и водорода нефтей из кембрийских отложений Восточной Сибири и девонских отложений Припятского прогиба.

На основании полученных данных делается заключение о том, что образование нефтей Марковского, Атовского, Осинского месторождений из осинского горизонта кембрия и Ельского месторождения из данково-лебединского горизонта девона, очевидно связано с усыхающими, засоляющимися водоемами.

ВЛИЯНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ НА КОЛИЧЕСТВО И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ В НЕФТЯХ

В. Л. Мехтиева

Всесоюзный научно-исследовательский геологоразведочный нефтяной институт МГ СССР.

Проведено экспериментальное изучение изменения количества и изотопного состава сернистых соединений в нефтях под воздействием естественного биоценоза бактерий, выделенных из нефти. Опыты проводились в условиях, воспроизводящих различные гидрогеологические обстановки: полной застойности, частичного обмена водной среды в анаэробных условиях и при незначительном поступлении кислорода, интенсивной аэрации.

Для опытов были взяты нефти из девонских отложений /Ромашкинское месторождение/ и палеоценовых отложений /Ахтырско-Бугундырское месторождение/. Было проведено 30 опытов, длившихся в среднем около 6 месяцев. В подопытных нефтях определялось содержание серы и ее изотопный состав, из водной среды выделялись сульфаты и сульфиды для масс-спектрального анализа.

На основании полученных данных были сделаны следующие выводы: 1) Отмечается принципиальная возможность изменения количества и изотопного состава серы в нефтях под воздействием микроорганизмов. Однако масштабы этих изменений очень малы по сравнению с теми, которые наблюдаются у нефтей в природных условиях; 2) Характер изменения количественного содержания и изотопного состава серы зависит от условий, в которых протекает процесс превращения нефтей.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ СЕРЫ СУЛЬФАТНЫХ ИОНОВ НЕКОТОРЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СУШИ

Н.В.Веселовский, А.П.Алексеев, И.Ф.Положенцев и
А.А.Рабинович

Гидрохимический институт Главного управления гидро-метеорологической службы СССР при Совете Министров СССР.

I. Величина отношения S^{32}/S^{34} сульфатных ионов ряда рек, водохранилищ и прудов Европейской территории СССР варьирует от 21, 85 до 22, 32, в среднем 22, 06. Причем, для

рек S^{32}/S^{34} колеблется в пределах от 21,92 до 22,32, в среднем 22,08 (42 реки); для прудов - от 21,85 до 22,09, в среднем 22,01 (11 прудов).

Величина S^{32}/S^{34} изученных поверхностных вод суши большей частью понижена по сравнению со средней величиной для рек Земного шара (22,13 по Уолту и Калпу).

2. Для ряда рек Европейской территории СССР (Волга, Чир, Быстрая и другие) установлено, что изотопный состав серы сульфатных ионов значительно изменяется по их длине. В то же время каждая из изученных рек характеризуется по длине отдельных участков величинами S^{32}/S^{34} , укладывающимися в сравнительно узкий интервал.

3. В прудах, находящихся в различных физико-географических условиях, в одних случаях имеет место характерное изменение изотопного состава серы сульфатных ионов их воды; в других случаях такого изменения не наблюдается.

4. В одном и том же створе данной реки изотопный состав серы сульфатных ионов может более или менее изменяться во времени. Такое же явление наблюдается и в воде ряда прудов.

5. Изотопный состав серы сульфатных ионов поверхностных вод суши формируется под влиянием ряда факторов, к которым следует отнести водный режим и источники питания, характер засоления пород водосбора и пр. Кроме того, для малопроточных или непроточных водоемов заметное влияние на формирование изотопного состава серы сульфатных ионов

оказывает процесс бактериального восстановления сульфатных ионов.

6. Результаты изучения изотопного состава серы сульфатных ионов поверхностных вод могут быть использованы для решения вопросов, связанных с генезисом и формированием состава веществ, растворенных в этих водах.

ИЗОТОПЫ УГЛЕРОДА В ГЕОЛОГИИ

Э.М.Галимов

Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. И.М.Губкина

Основными процессами, контролирующими разделение изотопов углерода в природе, является: 1/ фракционирование изотопов в изотопно-обменных системах, из коих геологически наиболее важны $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^- - \text{CO}_3^{=}$ и $\text{CO}_2\text{-CH}_4$; 2/ биологическое фракционирование изотопов.

Основной чертой распространенности изотопов углерода является резкое отличие в изотопном составе двух основных классов углеродосодержащих соединений: органического вещества /преимущественно концентрирующего легкий изотоп C^{12} / и карбонатов /преимущественно концентрирующих изотоп C^{13} /.

С этими особенностями геохимии изотопов углерода связаны основные перспективы применения изотопии углерода для решения геологических задач.

1. Бассейн осадконакопления можно рассматривать как изотопно-обменную систему CO_2 /атмосферы/ -HCO_3^- /воды/ $\text{- CO}_3^{=}$ /карбонатов/. На состояние равновесия системы и, следовательно, на изотопный состав карбонатов влияют глубина бассейна, интенсивность циркуляции водной массы, степень аэрируемости вод, удаленность от источников сноса, биологическая активность водоема или бассейна и прочие факторы, которые одновременно являются фак-

торами, определяющими условия седиментации. Отсюда вытекает возможность использования изотопии углерода для восстановления геохимической обстановки осадконакопления. По изотопному составу углерода удается отличить карбонаты, отложенные в окислительных или восстановительных условиях, пресноводных или типично морских, а также оценить характер и степень постседиментационных изменений. В докладе приводятся соответствующие примеры.

2. Применение изотопии углерода для реконструкции палеоклиматических условий основано на том факте, что в морском и особенно пресноводном бассейне существенное влияние на изотопный состав осадков оказывает углекислота органического происхождения. Удельный вес её в общем балансе углерода, при прочих равных условиях, зависит от региональной климатической обстановки. Статистическая обработка данных анализа C^{13}/C^{12} карбонатов различного геологического возраста позволила установить закономерный характер колебаний среднего изотопного состава карбонатов в течение геологического времени и связь их с определенными этапами геологической и в климатической истории Земли.

3. Изотопно-обменная система $CO_2 - CH_4$ контролирует распределение изотопов в газах литосферы. Существует тенденция к обогащению газообразных углеводородов изотопом C^{13} по мере удаления от поверхности Земли, что очевидно связано с температурным градиентом теплового поля Земли и соответствующим изменением констант

равновесия системы CO_2 - CH_4 . В некоторых случаях удается установить зональность в распространенности газов по их изотопному составу, что было продемонстрировано на примере Актыбинского Предуралья и Западного Премугоджарья. Например, месторождения, приуроченные к пермским отложениям / Жилиянка, Джуса, Бештамак и др. / , содержат газы одинакового изотопного состава, что свидетельствует о едином, очевидно, подсолевом источнике этих газов. Газы в залежах, приуроченных к более молодым отложениям / Шаксымай, Акжар, Кокжиде / , резко отличаются по изотопному составу от пермских и скорее всего сингенетичны вмещающим отложениям.

4. Установление генезиса различных минералов, таких как нефть, графиты, алмазы и пр., является проблемой, в которой на изотопию возлагаются наибольшие надежды. Применение изотопии для этой цели может быть эффективно, если известно исходное вещество и требуется определить характер процесса, приводящего к образованию минерала, либо если процесс известен, но требуется определить источник углерода. Например, удается однозначно идентифицировать органическое происхождение кальцита серных месторождений, биохимическое происхождение метана некоторых газовых месторождений, образование за счет углерода органического вещества / частично / вторичного кальцита карстовых пустот и т.д. В других случаях возможны лишь более или менее вероятные гипотезы: например, глубинное происхождение алмазов, двойное происхож-

дение графитов / за счет органического вещества и карбонатов / , органическое / за счет липидной фракции / происхождение нефти и т.п.

5. В глубинных условиях ввиду наличия высоких температур разделение изотопов незначительно. Поэтому возможно прямое сопоставление изотопного состава углерода эндогенных минералов с возможным источником углерода. В частности, как показало исследование метана, заключенного в изверженных породах и CO_2 из зон, близких к магматическим очагам, углерод их имеет одинаковый изотопный состав / средняя величина $\delta\text{C}^{13} = -0,5$ / , что свидетельствует о единстве исходного для них углерода мантии. Указанная величина δC^{13} характерна также для углерода углестых хондритов и совпадает со средним значением изотопного состава углерода земной коры. Это позволяет предположить, что в процессе выплавки вещества мантии углеродосодержащие соединения, выделяющиеся в земную кору, генетически связаны с углеродом, унаследованным от углестых хондритов.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ПРИРОДНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ВОПРОСЫ ИХ ГЕНЕЗИСА

Ф.А.Алексеев, В.С.Лебедев, Т.А.Крылова

Всесоюзный научно-исследовательский институт
ядерной геофизики и геохимии МГ СССР

В докладе рассматриваются вопросы распределения стабильных изотопов углерода C^{12} и C^{13} в различных группах природных углеводородов. Наряду с определениями самих авторов, число которых составило свыше 120, в докладе систематизирован имеющийся в литературе мате-

риал по этому вопросу / как отечественный, так и зарубежный / и рассматривается изотопный состав углерода нефтей и газов по возрастным подразделениям слоев, к которым приурочены залежи природных углеводородов.

На основании полученных результатов, а также обобщения имеющегося материала, авторы делают следующие выводы:

1. Изотопный состав углерода нефтей различного возраста и состава колеблется в узких пределах δC^{13} от - 2,3 до -3,1 / , причем основные колебания связаны с характером вмещающих отложений. Зависимости изотопного состава углерода нефти от геотектонического строения района не наблюдается. Показано также, что нефти по изотопному составу углерода близки к органическому веществу растительного и животного происхождения.

2. Изотопный состав углерода природного газа колеблется в более широких пределах: δC^{13} от -1 до -8%. Причем, здесь четко выделяется три группы газов: 1/ - газы, связанные с магматическими процессами δC^{13} от -1 до -3% / , 2/ . - газы нефтегазовых месторождений δC^{13} от -3 до -5,5%/; 3/ - газы бактериального генезиса δC^{13} от -5 до -8% / .

3. Газы нефтегазовых месторождений, а также газы бактериального генезиса образовались из органического вещества в результате его переработки под действием химических и биологических процессов. Колебание изотопного состава углерода в этих газах обусловлено,

во-первых, колебаниями химического компонентного состава и, во-вторых степень переработки исходного органического вещества.

4. Различные группы природных углеводородов характеризуются различным изотопным составом, что позволяет использовать изотопный состав углерода для решения вопроса о генезисе природных углеводородных образований.

В докладе также рассматриваются возможные причины колебаний изотопного состава углерода:

1/ Изотопный обмен между CH_4 и CO_2 в газах, связанных с магматической деятельностью.

2/ Химические взаимодействия между отдельными компонентами газовой смеси, фазовые переходы.

3/ Микробиологические процессы.

4/ Диффузия.

РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВОПРОСОВ ГЕОХИМИИ ЭНДОГЕННОГО УГЛЕРОДА ПО ИЗОТОПНЫМ ДАННЫМ $\text{C}^{12}/\text{C}^{13}$

О.И.Кропотова

Всесоюзный институт минерального сырья МГ СССР

I. Несмотря на большое количество данных по изотопному составу углерода природных объектов и выявлению процессов, приводящих к дифференциации углерода в земной коре, вопросы, связанные как с распределением изотопного состава углерода в эндогенных образованиях, так и с изотопной характеристикой глубинных процессов с участием углерода освещены крайне мало.

Целью настоящей работы является определение изотопного состава ювенильных форм углерода и выявление генетических взаимоотношений этих форм и условий их превращения в эндогенных процессах.

2. Проведена идентификация изотопного состава ювенильного углерода на основании изучения изотопного состава различных фаз углерода метеоритов; графита ультраосновных пород мантии; алмазов кимберлитовых трубок.

Установлена корреляция между степенью обогащенности углеродом и его изотопным составом как в земных эндогенных образованиях, так и метеоритах. Эта корреляция не только качественная, но и количественная: изотопный состав скоплений графита ультраосновных пород мантии, алмазов кимберлитовых трубок близок к изотопному составу метеоритного графита и элементарному углероду углистых хондритов и характеризуются величинами $\delta C^{13} -0,5-0,7\%$. Изотопный состав рассеянного углерода ультраосновных пород близок к изотопному составу обедненных углеродом обычных хондритов со средним значением $\delta C^{13} -2,7\%$. Обсуждаются возможные процессы приведшие к найденной закономерности.

3. Полученные данные по изотопному составу эндогенного углерода использованы для решения некоторых спорных вопросов генезиса карбонатитов. Проведено систематическое изучение изотопного состава углерода карбонатитовых массивов Сибири /Горное Озеро, Белая Зима, Гек, Поворотный/. Полученные результаты показали, что

углерод углекислоты карбонатитов по изотопному составу характеризуется величиной δC^{13} 0,4-0,6%, что наряду с полученными нами ранее аналогичными данными по углекислоте кимберлитов и имеющимися в литературе данными по углекислоте других карбонатитовых массивов позволяют сделать вывод о ювенильном генезисе углерода карбонатитов.

ИССЛЕДОВАНИЕ СООТНОШЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА
-H/D И УГЛЕРОДА- C^{12}/C^{13} ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
КАУСТОБИОЛИТОВ

И.В.Гринберг, М.Е.Петриковская

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых
АН УССР

1. При изучении вопросов генезиса, метаморфизма и химико-генетических соотношений различных классов горючих ископаемых все большее значение приобретают методы изотопного анализа. В докладе рассматриваются результаты исследования изотопного состава водорода и углерода, а частично и других элементов органогенов газообразных, жидких и твердых горючих ископаемых.

2. Исследовались нефтяные битумы, нефти, угли, природные метановые газы различного происхождения / нефтяные, угольные, биогенные/ Карпатского и Донецкого бассейнов. В целях химикогенетического сравнения характера изменения изотопного состава углерода и водорода горючих ископаемых и других природных водород-

и углеродсодержащих веществ изучены также соотношения H/D и C^{12}/C^{13} различных природных вод, карбонатов нефтяных и угольных месторождений.

3. Проведен специальный комплекс экспериментальных исследований механизма изменения изотопного состава горючих ископаемых в условиях моделирующих геохимическую обстановку /высокое давление, повышенная температура и водная среда/.

4. Выявлены некоторые закономерности в изменении изотопного состава водорода и углерода в различных видах горючих ископаемых в зависимости от их происхождения и степени метаморфизма. Рассматривается схема химизма изменения изотопного состава углерода и водорода в процессе метаморфизма горючих ископаемых.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ УГЛЕРОДА ГАЗОВ БИОХИМИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА

В.С.Лебедев, В.М.Овсянников

Всесоюзный научно-исследовательский институт ядерной геофизики и геохимии МГ СССР

Газы биохимического происхождения занимают значительное место среди газов верхних оболочек Земли. Значительные скопления метановых газов в заболоченных водоемах, в илах застойных озер, в дельтовых и флювиогляциальных отложениях позволяют предполагать существование значительной доли подобных газов в более древних отложениях.

Метановые газы биохимического происхождения образуются в близповерхностных условиях в результате дея -

тельности метангенерирующих бактерий, источником питания для которых является углерод органического вещества. Эксперименты показали, что при этом происходит разделение изотопов углерода. Метан значительно обогащается легким изотопом C^{12} , углекислота несколько обогащается тяжелым изотопом. Это хорошо показано в опытах Розенфельда и Сильвермена /1959/ и Накаи /1961/. Нами также проводилось исследование газов метанового брожения в лаборатории и на Кожуховской станции аэрации. Картина разделения изотопов при деятельности метанообразующих бактерий подтвердилась.

Нами проведено изучение изотопного состава углерода метана болотного газа различных районов Европейской части СССР. Во всех случаях углерод метана был значительно обогащен легким изотопом по отношению к среднему значению изотопного состава углерода для современного органического вещества наземного происхождения. Колебания величин δC^{13} , полученные для метана болотного газа, находятся в пределах от $-5,1$ до $-6,9\%$ /стандарт РДВ/, что указывает на значительное обогащение углерода этого газа изотопом C^{12} по сравнению с метаном иного происхождения.

Изучение изотопного состава углерода позволит отличать метан бактериальный от метана, не связанного с бактериальными процессами. Это позволяет отличать газы, образовавшиеся в результате микробиологических процессов в пласте, от газов иного происхождения, мигриро-

вавших от залежи на глубине или связанных с каким-либо другим источником, что имеет большое значение для разработки геохимических методов поисков нефти и газа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИЗОТОПНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ
УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ CO_2 /газ/ HCO_3^- /раствор/ ПРИ
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

О.И.Кропотова, С.Д.Малинин, В.А.Гриненко
Всесоюзный институт минерального сырья МГ СССР
Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.
Вернадского АН СССР

1. Эффект изотопного разделения углерода, сопровождающий образование карбонатов, до последнего времени не изучался экспериментально для температур, превышающих комнатные. Между тем, знание температурной зависимости этого эффекта представляет большой интерес для геохимии в связи с вопросами генезиса высокотемпературных карбонатов /гидротермальных, метасоматических, карбонатитов и др./

2. Для диапазона температур от 20° до 300° экспериментально определены значения констант изотопного обмена в системе CO_2 /газ/ HCO_3^- /раствор/. При низких температурах происходит накопление C^{13} в HCO_3^- , а при высоких - в газовой фазе / CO_2 /; температура инверсии равна приблизительно 150° .

3. Найденная температурная зависимость константы изотопного обмена может быть применена в принципе для геологической термометрии, если допустить, что образование

карбонатов в природных условиях происходило из углекислых растворов в результате быстрого осаждения CaCO_3 без изотопного сдвига на этапе $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}$, используя для этого изотопные составы углерода природных карбонатов и углекислоты из газовойжидких включений в сингенетических с ними минералах.

ИЗОТОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРОЦЕССОВ ДОЛОМИТООБРАЗОВАНИЯ

Ю.М.Артёмов, В.П.Стрижов, В.И.Устинов,
А.А.Ярошевский

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.
Вернадского АН СССР,

Центральный научно-исследовательский горноразведочный
институт редких, благородных и рассеянных металлов
МГ СССР,

Всесоюзный институт минерального сырья МГ СССР

На основании геологических данных в настоящее время выделяется три типа процессов доломитообразования: седиментационный /первично-осадочный/, седиментационно-диагенетический /вторичный/ и гидротермально-метасоматический по карбонатным / и другим/ породам /вторичный/.

Исследование геохимии изотопов кальция и магния в этих процессах потребовало разработки методики изотопного анализа этих элементов.

Одновременная регистрация изотопного состава кальция и магния из одного и того же образца - карбоната - осуществлялась с помощью печного источника на масс-спектрометре МИ-1305. Доломит и кальцит растворялись в бро-

мистоводородной кислоте. Измерения проводились компенсационным методом на осколочных ионах $\text{Ca}^{40}\text{Br}^{79}$ - $\text{Ca}^{44}\text{Br}^{81}$ + $\text{Ca}^{46}\text{Br}^{79}$ и $\text{Mg}^{24}\text{Br}^{79}$ - $\text{Mg}^{26}\text{Br}^{81}$; постоянство отношения $\text{Br}^{79} / \text{Br}^{81}$ фиксировалось из этого же образца. Сравнительно близкие температуры испарения бромидов кальция и магния позволяют работать в одном температурном режиме, и в то же время, используя разницу этих температур, можно определять изотопный состав в образцах с малым количеством доломита до 3%.

В соответствии с указанными тремя типами процессов доломитообразования теоретически рассматриваются возможные изотопные эффекты в трех физико-химических моделях этих процессов.

1. Химическое осаждение из морской воды. Характеристика модели: неограниченный запас магния постоянного изотопного состава в морской воде, равновесное осаждение из морской воды доломита в условиях достаточного перемешивания воды и многократной перекристаллизации. Фракционирование изотопов кальция, магния, углерода и кислорода соответствует равновесным значениям коэффициентов разделения.

2. Перераспределение первично-осадочного доломита известковых осадков с растворением в одних местах, переносом и отложением в других. Характеристика модели: в разделение изотопов /главным образом, кальция и магния/ основной эффект вносят процессы растворения и переноса,

которые приводят к обогащению в начале процесса растворов и вновь образующихся фаз легкими изотопами и концентрированию в остатке тяжелых: процесс идёт в закрытой системе с ограниченным запасом кальция и магния.

Показано, что связь изотопного состава кальция и магния доломитсодержащих пород с концентрацией доломита в породе отражает динамику процесса, что отличает эту модель от модели I.

3. Характеристика модели: водный раствор, содержащий постоянное количество магния с неизменным изотопным составом, поступает в трещину в известняке; магниевый диффузионным путем в поровых растворах распространяется в стороны от трещины; фракционирование изотопов магния в процессе диффузии приводит к тому, что в каждом данном сечении породы со временем /по мере увеличения содержания доломита/ происходит "утяжеление" магния /модель названа "моделью околотрещинного метасоматоза"/. Характер зависимости изотопного состава магния и кальция от концентрации в породе доломита отражает динамику процесса, отличную от таковой модели I и 2.

Таким образом, теоретическое рассмотрение моделей позволяет предсказать различный характер распределения изотопов магния, кальция /углерода и кислорода/, в различных процессах доломитообразования.

Изложенные соображения явились основой для интерпретации опубликованных в литературе и новых данных по изотопному составу элементов доломитов.

РОЛЬ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА В ИЗУЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов, Л.С. Власова

Всесоюзный научно-исследовательский институт
ядерной геофизики и геохимии МГ СССР

1. Анализ многочисленных проб атмосферных осадков и вод открытых водоемов позволяет оценить величину изменения изотопного отношения Н/Д в процессах испарения и конденсации влаги в различных метеорологических условиях. Получено хорошее согласие в значениях экспериментальных и теоретических коэффициентов разделения при релеевской дистилляции природных вод открытых водоемов /максимальное отношение Н/Д в них до +1% относительно воды из московского водопровода/. По-видимому, указанный процесс является основным природным механизмом фракционирования изотопов водорода поверхностных вод. Указанный вывод подтверждается симбатностью величин изотопного сдвига дейтерия и кислорода -18 в большинстве исследованных проб метеорных вод.

2. Моделирование природного процесса испарения высокоминерализованных вод /рапы/ с поверхности замкнутого водоема позволяет сделать вывод о применимости закона Релея для расчета концентрации дейтерия в этом случае.

3. Оценка сдвига отношения Н/Д в результате химического обмена в земной коре некоторых природных газов и вод ($\text{HD} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$; $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$) с учетом малого масштаба массообмена при этих реакциях и наличия процессов,

ведущих к смешиванию разделяемых фаз, позволяет пренебречь этим механизмом при интерпретации данных о распределении дейтерия в подземных водах. Это подтверждается результатами, которые получены в ходе полевых работ в районе Кавказских минеральных вод. Полученные данные указывает на то, что если механизм обмена дейтерием между водой и газом и имеет место, то величина соответствующего изотопного сдвига находится ниже предела чувствительности измерения менее 2% .

4. Изучение содержания дейтерия в водах и нефтях по разрезу отдельных нефтяных месторождений и в зоне водонефтяного контакта показывает одинаковое, в среднем, содержание дейтерия в воде и нефти и отсутствие измеримого эффекта при обмене в зоне водонефтяного контакта.

5. Показано отсутствие разделения изотопов водорода подземных вод при движении их по породам коллектора в стационарных условиях. Исследована природная модель-Горячеключевская свита.

6. В общем плане рассматривается распределение дейтерия в природных водах с помощью простой модели массообмена океанской атмосферной влаги с водой поверхностных водоемов и механизма разбавления подземных вод морского происхождения поверхностными водами.

Приведены примеры применения дейтерия для изучения истории подземных вод.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ВОДОРОДА ПРИРОДНЫХ ВОД В СВЯЗИ С ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕМ

В.С.Брезгунов, В.Н.Сойфер

Всесоюзный научно-исследовательский институт ядерной
геофизики и геохимии ИГ СССР

1. Исследование изотопного состава водорода природных вод проводилось для изучения вопросов движения и генезиса вод в земной коре и атмосфере.

Представлены результаты определений содержания дейтерия в поверхностных и подземных водах различных географических районов Советского Союза. Концентрации дейтерия определялись фотонейтронным методом с точностью не менее 3%. Приведенные результаты хорошо согласуются с зарубежными масс-спектрометрическими измерениями содержания дейтерия в водах аналогичного типа.

2. Содержание дейтерия в атмосферных осадках и поверхностных водах варьирует от 0,88 до 1,13 относительно стандарта. /Стандарт-вода московского водопровода с абсолютным содержанием дейтерия - $0,0147 \pm 0,0005$ ат.% /. Распределение дейтерия в атмосферных осадках и в водах открытых водоемов различных географических зон интерпретируется как результат фракционирования изотопов водорода при фазовых переходах в гидрологическом цикле поверхностных вод. Разнообразие физико-географических и климатических условий, вызывающих, в частности, различие температур, при которых происходит испарение влаги с поверхности океана и суши и последующая конденсация в атмосфере, объясняет закономерно-

сти в распределении дейтерия в атмосферных осадках и поверхностных водах различных климатических районов.

3. Содержание дейтерия в подземных водах различных артезианских бассейнов Советского Союза не выходит за пределы вариаций изотопного состава водорода в поверхностных водах. Считая процессы кругооборота природных вод стационарными, а содержание дейтерия в мировом океане постоянным по крайней мере на протяжении последних 300-500 млн лет /возраст вмещающих осадочных пород, из которых отбирались подземные воды на изотопный анализ/, мы использовали распределение изотопов водорода подземных вод для выяснения отдельных вопросов генезиса подземных вод.

4. Отмечено увеличение содержания дейтерия в подземных водах до величин близких к концентрациям дейтерия в водах современных морей и замкнутых водоемов морского типа в наиболее погруженных частях водоносных комплексов различных артезианских бассейнов / Азово-Кубанский прогиб, Днепрово-Донецкая впадина, Ташкентский артезианский бассейн и др./ . Это свидетельствует о первичном происхождении этих вод в процессе осадконакопления и характеризует гидрогеологические зоны с высоким содержанием дейтерия, как зоны затрудненного водообмена. Наоборот, близость изотопного состава водорода подземных вод и поверхностных вод данного географического района говорит об инфильтрационном происхождении таких вод, и зоны распределения этих вод в определенном водоносном комплексе выделяются как зоны активного водообмена в настоящую или прошлую эпоху.

5. Знание изотопного состава водорода подземных вод с привлечением палеогеографического материала дает возможность решать некоторые вопросы палеогеогеологии отдельных артезианских бассейнов.

О РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ДЕЙТЕРИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ

В.А.Молочнова, М.М.Соколов, А.В.Горев, Н.М.Бугров
 Всесоюзный научно-исследовательский институт разведочной геофизики МГ СССР

1. Установлено, что в природных водах соотношение изотопов водорода (протия и дейтерия) непостоянно и обуславливается различными причинами.

Нами отмечены аномальные отклонения в водах различных областей проявления гидротермальной деятельности.

2. Для определения содержания дейтерия в водах выбран фотонейтронный метод. Определения произведены с точностью $\pm 0,0002$ мол. %. За стандарт принята московская водопроводная вода.

3. Определено содержание дейтерия более чем в 130 пробах вод в двух регионах (Украина и Казахстан).

4. Рядом исследователей установлено, что содержание дейтерия в крупных реках составляет 0,0148 мол. %. Значение концентрации дейтерия в водах Украинского кристаллического щита несколько понижено по сравнению с "нормальным" содержанием и находится в пределах 0,0118-0,0216 мол. %.

5. Изучение изменений содержания дейтерия, проведен-

ное по гидрогеологическим скважинам, показало общую тенденцию увеличения содержания дейтерия с глубиной. Так, в одной из скважин на глубине около 650 м содержание дейтерия достигало 0,0158-0,0165 мол. %.

6. Аномально высокие содержания дейтерия встречены в ряде проб, причём в некоторых из них повышенные содержания связаны с присутствием органики.

7. Аномально низкие содержания дейтерия фиксируются в ряде проб трещинных вод, омывающих породы с повышенным содержанием радиоактивных элементов.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ВОДОРОДА НЕФТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СССР

В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов, Л.С.Власова

Всесоюзный научно-исследовательский институт ядерной геофизики и геохимии МГ СССР

1. Измерено фотонейтронным методом содержание дейтерия в 50-ти пробах нефти из различных месторождений СССР с точностью $\pm 3-5\%$. Концентрация дейтерия в нефтях заключена в интервале от 0,90 до 1,07 отн.единиц. Наблюдается резкое расхождение данных о содержании дейтерия в нефтях, полученных фотонейтронным и денсиметрическим методами, принятыми в ряде лабораторий в СССР. Немногочисленные зарубежные данные о концентрации дейтерия в нефтях и органических соединениях, полученные масс-спектрометрическим методом, хорошо согласуются с нашими результатами фотонейтронного анализа.

2. Зависимость содержания дейтерия в нефтях от

возраста нефтемещающих отложений и глубины их залегания в пределах погрешности измерений отсутствует.

3. Удельные веса исследованных нефтей лежат в широком диапазоне значений. Изменение удельного веса нефти не отражается на изменении концентрации дейтерия.

4. Незначительные колебания содержания дейтерия в нефтях самого различного химического состава, отобранных из разных месторождений, свидетельствует, по-видимому, о близости изотопного состава водорода исходного органического вещества всех нефтей и об отсутствии фракционирования изотопов водорода в процессах образования нефти, а также в процессе дальнейшей её миграции и метаморфизации.

5. Не установлено влияние изотопного состава водорода нефтей на концентрацию дейтерия в пластовых водах. Исследование вод из двух нефтяных месторождений и нескольких пустых структур показало, что незначительное увеличение концентрации дейтерия в водах вблизи нефтяной залежи по сравнению с законтурными пластовыми водами объясняется гидродинамическими особенностями нефтяной структуры, а не обменом дейтерия между нефтью и водой. Экспериментальное определение константы обмена дейтерия между нефтью и водой показало, что при низких концентрациях дейтерия в воде константа обмена близка к единице, т.е. распределение дейтерия между нефтью и водой равновероятное.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ АЗОТА
В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.Ф.Волынец, И.К.Задорожный, К.Н.Флоренский

Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.
Вернадского АН СССР

1. Появившиеся за последнее время литературные данные и наши исследования показали, что в земных породах азот присутствует как в молекулярной, так и в химически связанных формах. Наибольший интерес для геохимии представляет химически связанный азот, содержание которого в породах составляет $\approx 10^{-3}$ % /вес/. Основная масса связанного азота находится в форме иона NH_4^+ . Эти представления позволяют по новому оценить имеющиеся данные по изотопному составу азота в земных породах.

2. В данном сообщении изложены результаты изучения изотопного состава азота в продуктах вулканической деятельности. Исследование азота вулканогенных возгенов Камчатки показало, что концентрация азота -15 уменьшается при переходе от хлористых к сернокислым солям, при этом величина δ изменяется от $+1,3$ до $-3,1\%$ по отношению к воздушному азоту, соответственно. Наблюдаемое фракционирование изотопов можно объяснить процессом неполного окисления аммонийного азота, коэффициент разделения которого $\alpha = 0,953$ при $0^\circ C$.

3. Большие сдвиги в изотопном отношении азота, наблюдаемые в исследованных объектах, его прочная связь в решетке минералов и повсеместное распространение в сили-

катных породах дают основание ожидать, что изотопные отношения азота найдут широкое применение в геохимических исследованиях. Нам представляется возможным использовать изотопы азота в исследованных нами процессах, как например, при изучении метаморфизма осадочных пород в ряду от филлитовых сланцев до гранитогнейсов, при решении вопроса о различии пара- и ортогнейсов, при выделении различных серий в графитистых кварцитах и др.

ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА БОРА В ПРИРОДЕ И ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭТИХ ВАРИАЦИЙ ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ

Ю.П.Шергина, А.Б.Каминская

Всесоюзный Научно-Исследовательский институт техники и методики разведки /ВИИТР/

1. При изучении природных вариаций изотопного состава бора было найдено, что среднее значение отношения B^{11}/B^{10} пород земной коры составляет $\sim 4,050$. Соотношение изотопов бора в породах зависит от состава породы и условий её образования. Отношение изотопов бора для неизменных однотипных осадочных пород довольно постоянно /особенно для морских известняков/ и колеблется в пределах 0,5%, а для различных групп пород - $\sim 1,5\%$. Особенности генезиса изверженных пород сказываются сильнее и колебания изотопного состава между отдельными интрузивными комплексами достигают 3,5-4%.

Вторичные процессы изменения горных пород вызывают заметные колебания в относительном содержании изотопов

бора, причём в большинстве случаев изотопный состав бора гидротерм отличается от такового вмещающих пород. Экстремальные смещения приурочены к контактам зон минерализации с вмещающими породами и к тектоническим зонам.

Установленные закономерности в распределении изотопов бора определили пути практического использования изотопных вариаций бора в поисковой геохимии.

1. Оценка перспектив рудоносности тектонических зон месторождений.

При исследовании изотопного состава бора в материале из зон разломов полиметаллических и ртутного месторождений найдено четкое повышение отношения B^{11}/B^{10} в "рудоносных" разломах по сравнению с безрудными; в относительно простой геологической обстановке найдена зависимость величины смещения изотопного состава бора от глубины залегания рудного тела.

2. Оценка перспективности отдельных интрузивных массивов при поисках месторождений, генетически связанных с интрузивными образованиями.

Исследование массивов ультраосновных и основных пород медноникелевых сульфидных месторождений Кольского полуострова показало существенное различие в изотопном составе бора практически безрудных и "рудоносных" массивов.

Определение изотопного состава бора проводилось по ранее разработанной методике, которая позволяет выделять

бор из пород с содержанием 2-4 мкг/г бора и определять его изотопный состав методом термоионной эмиссии на ионах буры с погрешностью $\pm 0,010$ отношения изотопов.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНО-СВИНЦОВОГО МЕТОДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

/ на примере рудных провинций Советского Союза/

Л.С.Тарасов, С.И.Зыков

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.
Вернадского АН СССР

1. Изотопный состав природных свинцов формируется в результате воздействия трех факторов: времени, геохимической обстановки и геологических процессов, в частности, дифференциации и контаминации. Результаты их воздействия хорошо фиксируются в изотопном составе, что позволяет производить реконструкцию генезиса руд и пород.

2. Рассматриваемые примеры вариаций изотопного состава свинцов рудных провинций Советского Союза и зарубежных стран показывают, что характер их не может быть объяснен с точки зрения одноактной первичной дифференциации материнского вещества, предусматриваемой, например, простой схемой изохрон Гоутерманса.

3. Общность характера вариаций изотопного состава свинцов в пределах конкретных рудных провинций одного возраста и подобие его при прослеживании в глубь времени приводит к выводу о единых тенденциях в эволюции изотопов свинца.

4. Предлагаемая схема допускает минимум двукратную древнюю дифференциацию, сопровождавшуюся последующим смешиванием свинцов, и явлением гомогенизации изотопного состава свинца при формировании магматических пород.

5. Частные тенденции в эволюции изотопного состава свинца в пределах отдельных регионов, возникающие в результате влияния геологических и геохимических факторов, рассмотрены на примерах Рудного Алтая и Балтийского щита, хорошо изученных в настоящее время с точки зрения изотопов свинца.

К ИНТЕРПРЕТАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА СВИНЦА КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

В.М. Ершов

Институт геофизики Уральского филиала АН СССР

1. Проблема генезиса колчеданных месторождений Урала до сих пор остается предметом оживленных дискуссий из-за несовершенства методов, разнообразия и противоречивости наблюдаемых геологических фактов. В решении этой проблемы наибольший вес должен быть придан основным особенностям геологического строения, минералогии и геохимии колчеданных месторождений. Изотопный состав свинца месторождений несомненно является таким существенным их признаком, который следует учитывать при генетических построениях. Интерпретация результатов изотопных исследований представляет известную трудность и неоднозначность. Однако некоторые итоги интерпретации могут быть интересными.

2. По величине вариаций изотопного состава свинца колчеданные месторождения Урала сходны с месторождениями, так называемого, "согласного типа", для которых характерны те же основные черты геологического строения,

что и для уральских колчеданных месторождений.

3. Изотопные отношения радиогенных свинцов колчеданных месторождений Урала отличаются от изотопных отношений других месторождений "согласного типа", источником рудного вещества которых является, по -видимому, верхняя мантия. Колчеданные месторождения Урала имеют иной источник рудного вещества. А так как для рудных свинцов Урала отмечается одна эволюционная ветвь, возможно, этот же источник рудного вещества послужил для образования других рудных месторождений Урала.

4. Свинцы колчеданных месторождений Урала по ряду признаков можно признать "аномальными". По соотношению изотопов свинца - 207 к 206 в радиогенной компоненте определено время накопления радиогенного свинца за счет урана и актиноурана. С учетом возраста колчеданного оруденения возраст пород, послуживших источником оруденения, составит около 2,5 млрд. лет. Если вывод о генетической связи колчеданных месторождений и палеозойского вулканизма справедлив, то будет справедливо и заключение о том, что очаги палеозойского вулканизма приурочены к породам, возраст которых 2,5 млрд. лет.

5. По отношению $\frac{Pb^{208}}{Pb^{204}} / \frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}$ и времени накопления радиогенных изотопов свинца найдено торий-урановое отношение в источнике рудного вещества равное 2,8.

6. Изложенная интерпретация данных об изотопном составе свинцов колчеданных месторождений Урала не яв -

ляется исчерпывающей и альтернативной. Тем более, что имеются, по существу, только первые весьма ограниченные сведения о свинце этих месторождений. Однако она возможно привлечет внимание тех, кто изучает геологию и геохимию месторождений этого типа, и поможет определить направление исследований, которые будут способствовать решению вопроса о генезисе колчеданных месторождений Урала.

ПОДВИЖНОСТЬ ИЗОТОПОВ СВИНЦА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Н.М.Буграв, Л.Т.Данилов, Г.О.Кешишян

Всесоюзный институт разведочной геофизики.

1. Свинец в горных породах находится в различных формах: собственно свинцовых минералах, изоморфно входит в кристаллические решетки других элементов, образует твердые растворы и т.д. Изотопный состав различных форм нахождения может резко отличаться от состава валового свинца горной породы.

2. Наибольшее разделение форм свинца достигается методами выщелачивания. Проведено исследование подвижности свинца методом кислотного выщелачивания в породах различного петрографического состава: гранитоидах, кислых эффузивах, аргиллитах, щебенистой и глинистой корках выветривания.

3. Степень кислотного выщелачивания свинца из пород различного состава различна: в образованиях глинистой коры выветривания выщелачивается до 80% свинца, в аргиллитах- 90%, в кислых эффузивах- 90% и в гранитах 30-50%.

4. Изотопный состав свинца в вытяжках определен спектральным методом. Проведено сопоставление результатов, полученных спектральным и масс-спектрометрическими методами.

5. Свинец в глинистой коре выветривания в значительной мере гомогенизирован и его состав в пределах аналитических ошибок одинаков как в кислотной вытяжке, так и валовой.

6. В аргиллитах более подвижным оказывается радиогенный свинец, кислотная вытяжка заметно обогащена радиогенными изотопами.

7. В кислых эффузивах более подвижным является вторично-наложенный свинец / ореольный /. В ореолах полиметаллических месторождений свинец в вытяжках имеет состав рудного свинца изучаемого месторождения. В ореоле радиоактивных рудных тел свинец имеет резко аномальный состав.

8. Изучено поведение свинца в породах гранитного состава Кольского п-ва, Украины и Казахстана. Наиболее подвижен радиогенный свинец. В случае, если в гранитах сохраняются нормальные соотношения свинца, урана и тория кислотные вытяжки несут аномальный свинец уранового типа, при обогащении их торием-кислотные вытяжки обладают свинцом ториевого типа.

9. Детально изучен изотопный состав свинца гранитов массива Куу-тау. В 23 пробах определяем изотопный состав свинца при полном их переведении в раствор и

при обработке образца царской водкой. Кислотная обработка позволяет извлекать не более 60-70% свинца породы. Свинец кислотной вытяжки заметно обогащён радиогенными изотопами. Расчёты авторов показали, что в вытяжку переходит от 60 до 100% радиогенного свинца. По-видимому, при геохимических исследованиях, использующих радиогенный свинец для геологических целей, можно пользоваться предложенным методом.

Ю. Изучение изотопного состава свинца кислотных вытяжек показало значительное "изотопное разделение" при вытяжках различной жесткости. Наиболее подвижными являются вторично-наложенные свинцы, фиксируемые в ореолах месторождений. По изотопному составу свинца в кислотных вытяжках можно судить о характере рудных процессов, приведших к проявлению эпигенетического наложения свинца.

ОБ ИЗОТОПНОМ СОСТАВЕ СВИНЦА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ

П.Ф.Андреев, Н.М.Бугров, В.С.Глебовская,
Л.Т.Данилов, Е.А.Ильинская, М.С.Каштан, Г.О.Кешишня
Всесоюзный институт разведочной геофизики МГ СССР

1. Изотопный состав свинца природных вод изучен ещё очень мало. Авторы в течение ряда лет изучали изотопный состав свинца, экстрагированного из вод различного типа. К настоящему времени проведено исследование изотопного состава свинца в водах Черного и Азовского морей, озера Балхаш, а также в ряде колодцев, гидроло-

гических скважин и рек.

2. Разработаны методы концентрации и очистки свинца для изотопного анализа - таннино-желатиновый и сорбционно-хроматографический, методы опробованы в полевых условиях и могут быть рекомендованы для изучения концентрации широкого круга элементов при гидрогеологических и гидрогеохимических исследованиях.

3. Изотопный состав свинца, извлеченного из вод определен масс-спектрометрически в Радиевом институте и спектрально во Всесоюзном институте разведочной геофизики. Точность масс-спектрометрического метода анализа общеизвестна, точность спектрального метода приведена в сообщении "Спектральный метод изотопного анализа микроколичеств свинца в условиях полевой лаборатории".

4. Изотопный состав свинца в водах Черного и Азовского морей, озера Балхаш и некоторых рек соответствует современному свинцу, экстрагированному из осадков Тихого океана. Свинец некоторых других рек на исследованных участках имеет аномальный состав и отвечает свинцу кислотных вытяжек из окружающих пород.

5. В подземных водах свинец имеет весьма пестрый изотопный состав, меняющийся от обычного до резко аномального. Причем он прямо коррелирует с легко подвижным свинцом вмещающих горных пород.

6. Определен изотопный состав свинца в водах различного типа. Показана прямая корреляция между свинцом вод и омываемых этими водами пород, что позволяет судить об усредненном составе свинца изучаемого района.

О ТОЧНОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ЭЛЕМЕНТОВ

А.Г.Жиглинский

Ленинградский государственный университет
им. А.А. Жданова

1. В настоящее время разработаны спектральные методы определения изотопного состава около двадцати элементов. Применение этих методов в различных областях науки и техники показало, что они обладают преимуществами: простотой, экспрессностью и надежностью в эксплуатации. Основным содержанием доклада являются новые результаты исследования точности методов, используемых для анализа изотопных смещений в эмиссионных спектрах атомов, и путей повышения точности.

2. Анализ отдельных составляющих ошибки определения изотопного состава показывает, что основным источником ошибки анализа является недостаточно хорошее воспроизведение в разных опытах газовой температуры излучающей плазмы.

Показано, что при некоторых концентрациях, ошибка анализа может быть значительно уменьшена / $\sim 0,5\%$ в относительных единицах/. Это позволяет определять методом изотопного разбавления содержания стронция в водах и породах при его концентрации $\leq 10^{-3}\%$. Относительная квадратичная ошибка в первом случае составляла $0,7\%$, во втором - $1,6\%$.

3. Показано, что увеличение точности анализа до-

стигается при использовании источника света с атомным пучком. В этом случае при определении изотопного состава магния относительная ошибка анализа уменьшалась в 3-4 раза и составляла $\sim 0,5\%$.

4. Рассчитано, что ошибка анализа в определенной области концентраций некоторых изотопов может быть уменьшена рациональным выбором толщины интерферометра. Применение результатов указанного расчета при изотопном анализе рубидия привело к уменьшению относительной ошибки анализа до $0,3\%$.

5. Рассмотрены другие пути увеличения точности спектральных определений изотопного состава.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА МИКРОКОЛИЧЕСТВ СВИНЦА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОЙ ЛАБОРАТОРИИ

М.С.Каштан, В.В.Булатов, И.С.Зыкова

Всесоюзный институт разведочной геофизики МГ СССР

1. Советскими и зарубежными исследователями опубликованы работы, проведенные с целью совершенствования спектрального метода изотопного анализа свинца. Сопоставлением результатов спектрального и масс-спектрометрического методов изотопного анализа свинца показано, что достигнутая чувствительность и точность высокопроизводительного спектрального метода позволяет использовать его при решении разнообразных геохронологических и геолого-геохимических задач.

2. На основании исследования специфических особенностей работы некоторых узлов установки, а также

некоторых особенностей возбуждения свинца в разрядной трубке с полым катодом, используемой в качестве источника света, создана экспериментальная установка для изотопного спектрального анализа свинца, устойчиво работающая при значительных изменениях температуры окружающей среды и не требующая охлаждения жидким азотом, а также предложена высокопроизводительная методика анализа микроколичеств свинца. Эта установка и методика анализа могут быть использованы в условиях полевой лаборатории.

3. Точность анализа спектральным методом можно характеризовать следующими величинами относительных погрешностей определения концентраций изотопов при единичном измерении. При концентрации изотопов Pb^{208} , Pb^{206} , Pb^{207} более 20% относительная погрешность измерения не превышает $\pm 1,0$ - $-1,5\%$; $\pm 1,5$ - $2,0\%$ и $\pm 2,0$ - $2,5\%$ соответственно, а погрешность определения изотопа Pb^{204} при концентрации $\sim 1,4\%$ составляет ± 5 - 7% .

4. Спектральный метод не уступает масс-спектрометрическому в чувствительности (для единичного измерения требуется $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ г Pb) и значительно превосходит его в производительности (~ 22 - 25 анализов в день). Простота и высокая производительность описываемого метода позволяют существенно расширить возможность использования изотопного анализа свинца для решения различных научно-методических и производственных задач.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОХИМИИ ИЗОТОПОВ СТРОНЦИЯ

И.М.Горохов

Лаборатория геологии Докембрия АН СССР

1. Изотопная распространенность Sr^{87} , выражаемая обычно в виде отношения Sr^{87}/Sr^{86} , увеличивается в веществе Земли со времени образования элементов за счет радиоактивного распада $Rb^{87} \xrightarrow{\beta} Sr^{87}$. Неодинаковое геохимическое поведение рубидия и стронция приводит к вариациям отношений Rb/Sr в различных геохимических резервуарах и с течением времени - к подобным же различиям в распространенности Sr^{87} .

2. Можно выделить две основные изотопные разновидности земного стронция:

а/ Стронций в субсиалических источниках, т.е. в источниках, из которых в то или иное время путем дифференциации образовалась сиалическая оболочка Земли. Отношение Sr^{87}/Sr^{86} в этом материале варьирует незначительно и не выходит за пределы интервала $0,707 \pm 0,005$. Изучение колебаний этого отношения, по-видимому, может дать информацию о составе верхней мантии и происходящих в ней процессах;

б/ Стронций в сиалических породах. Интервал значений Sr^{87}/Sr^{86} здесь очень велик, так как кора сложена большим числом пород разных возрастов, где отношения Rb/Sr варьируют в пределах нескольких порядков величины. Однако разумные средние значения, по-видимому, получаются путем анализа стронция в тех геологических сре-

дах, которые образовались путем смешения материалов разного возраста и происхождения, например, в геосинклинальных осадках, метаморфических сланцах и речной воде. Кроме того, независимая оценка среднего отношения Sr^{87}/Sr^{86} в современных сиалических породах может быть произведена на основании среднего Rb/Sr отношения и вероятного возраста континентальной коры. Оба метода приводят к удовлетворительно согласующимся значениям Sr^{87}/Sr^{86} , около 0,717-0,722.

3. Показанное различие изотопных отношений Sr^{87}/Sr^{86} в стронции из субсиалических источников и стронции из пород континентальной коры может быть использовано для изучения ряда геологических процессов.

4. Очевидно, что первичное отношение Sr^{87}/Sr^{86} в изверженной породе, образованной путем переплавления древнего сиалического материала, должно быть измеримо выше, чем это отношение в изверженной породе, образованной в результате дифференциации базальтовой магмы, имеющей субсиалическое происхождение. Поэтому величина отношения Sr^{87}/Sr^{86} в изверженных породах во время их кристаллизации может быть использована в качестве критерия происхождения материала.

5. Примерами такого рода могут быть исследования происхождения различных изверженных пород одной провинции из одной или нескольких материнских магм, исследования происхождения кимберлитов, а также щелочных пород и связанных с ними карбонатитов. Изучение изотопного сос-

тава стронция в океанической воде позволяет произвести оценку степени, в которой различные породы, являющиеся источниками океанического стронция, подвергаются воздействию процессов эрозии и денудации.

ОБ ИЗОТОПНЫХ СООТНОШЕНИЯХ КАЛИИ В СЛЮДАХ

В.И.Лебедев, Л.М.Прокофьев, А.С.Кириллов,
А.В.Тарасов

Ленинградский государственный университет

1. Для решения некоторых геолого-геохимических задач среди других химических элементов несомненный интерес представляет изучение изотопных отношений K^{39}/K^{41} в природных объектах, поскольку этот элемент отличается рядом геохимических особенностей, благо - приятных для разделения его изотопов в природе. Вместе с тем, сравнительно высокий атомный вес и потому относительно небольшая разница масс указывают на необходимость высокой точности измерений изотопных отношений элемента и определенного подбора объектов исследования.

2. В качестве объекта исследований были выбраны слюды как минералы, широко распространенные и обладающие, особенно в гипергенных условиях, высокой способностью к катионному обмену, но имеющие сходный тип кристаллической структуры, что исключает возможное влияние кристаллохимического фактора на разделение изотопов. Для сравнения изучены также микроклин и силвин.

3. Измерения произведены на масс-спектрометре

МИ-1305 однолучевым методом. Использована поверхностная ионизация с вольфрамовой ленты, на которую наносили образец в виде хлористого калия.

4. Исследовано 8 образцов: мусковиты (3), флогопиты (2), иллит, сильвин и микроклин. Результаты измерений обрабатывали с применением математической статистики и сравнивали с отношением изотопов K^{39}/K^{41} во внутреннем стандарте, которым служил один из образцов мусковита. Установлено, что относительно стандарта ($K^{39}/K^{41} = 13,98 \pm 0,7\%$ относит.) изученные флогопиты несколько обогащены изотопом K^{41} ($K^{39}/K^{41} = 13,84 \pm 0,8\%$ относит.), а иллит обеднен им ($K^{39}/K^{41} = 14,46 \pm 1,0\%$ относит.). Калий в мусковитах, микроклине и сильвине почти не отличается по отношению изотопов K^{39}/K^{41} от стандарта.

5. Полученные результаты свидетельствуют о вариациях изотопного отношения K^{39}/K^{41} в природных объектах, что согласуется с результатами других исследователей. Применяя метод анализа отношений изотопов калия, предложенный М.Ш.Кавиладзе с сотрудниками, можно получить более точные их значения. В случае подтверждения разделения изотопов калия в природе и накопления фактических данных, можно попытаться решить ряд геологических задач, как например, проблему гранитизации.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ НУЛЕВОЙ ГРУППЫ В ПРИРОДНЫХ ГАЗАХ

Э.К.Герлинг, И.Н.Толстихин, Ю.А.Шуколюков

Лаборатория геологии докембрия АН СССР

1. Изотопный состав и распространенность элементов нулевой группы могут быть использованы для выяснения генезиса природного газа.

2. Статистическое исследование большого числа изотопных анализов аргона в природных газах выявило четкую линейную зависимость между содержанием радиогенного аргона и гелия. Для большинства природных газов это отношение $He/Ar_{\text{рад}} = 10^{\pm 5}$. Подобное отношение характерно для пород, обладающих нормальными, кларковыми содержаниями радиоактивных элементов - U , Th и K .

3. Газы, образовавшиеся среди пород с повышенным содержанием урана или калия, характеризуются соответственно сравнительно высоким или низким отношением $He/Ar_{\text{рад}}$. Для газов из районов урановых месторождений характерно весьма высокое отношение $He/Ar_{\text{рад}}$, достигающее несколько сотен, а для газов из районов месторождений калийных солей - низкое отношение - порядка $0,1 \pm 0,01$.

4. Для изучения природы газа целесообразно рассматривать также отношение $Az_{\text{рад}}/Az_{\text{возд}}$, являющееся физически более обоснованным, чем предложенное в свое время В.П.Савченко отношение He/Az . Мало вероятно ожидать за-

метного разделения изотопов аргона в природных условиях; при использовании этой формулы нет нужды учитывать растворимость и вводить поправку на диффузию.

Применение этого отношения для определения возраста пластовой воды для 22 песчаных пластов с нормальным отношением He/Ar привело к значительному завышению возраста по сравнению с возрастом газоносного пласта, что свидетельствует о непригодности модели "замкнутого" пласта.

5. Изотопный состав Xe в большинстве исследованных образцов природного газа близок к воздушному. Тем не менее соотношения изотопов благородных газов атмосферного происхождения так же могут способствовать выяснению истории и происхождения подземных вод. Приводятся некоторые конкретные примеры изучения природы подземных флюидов. Самое высокое среди углеводородных газов отношение $\text{He}/\text{Ar}_{\text{рад}} = 270$ в некоторых массивах Кольского п-ва, - хорошо согласуется с потерями He и $\text{Ar}_{\text{рад}}$ породами этого массива. В азотных термальных источниках Забайкалья и Дальнего Востока практически нет примеси радиогенного аргона, поэтому их не следует считать существенно глубинными образованиями. Происхождение гелиеносных газов Архангельской области связано не с присутствием рудных тел, а с длительным накоплением газа в пласте -коллекторе.

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИИ СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ ГЕЛИЯ, АРГОНА, КРИПТОНА И КСЕНОНА В НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛАХ

Г.Ш.Ашкинадзе, Ю.А.Шуколюков

Лаборатория геологии докембрия АН СССР

1. Комплексное изучение поведения инертных газов He, Ar, Kr, Xe в процессе отжига минералов позволяет получить наиболее полную картину диффузионных процессов и оценить относительную роль различных механизмов потерь газов минералами в природных условиях.

2. Исследована кинетика выделения инертных газов из 4-х минералов в диапазоне температур 100⁰C - 1500⁰C. На кривых выхода отмечается несколько максимумов, соответствующих различным стадиям диффузии и положениям газов в кристаллических решетках изученных минералов.

3. На основании экспериментальных данных рассчитаны энергии активации диффузии гелия, ксенона и аргона. Для максимумов выхода газов в низкотемпературной области (200-400⁰C) значения энергии активации соответствуют перемещению атомов газа по сильно нарушенным участкам решетки. Энергии активации, рассчитанные для максимумов выхода в области высоких температур (более 1100⁰C), свидетельствуют о наличии эффекта "захоронения" газов в нарушенных участках кристаллической решетки.

4. Знание спектра энергий активации позволяет судить о степени сохранности газов в минералах, что существенно как для познания геохимии благородных газов, так и для интерпретации результатов геохронометрических из -

мерений.

5. Отмечено диффузионное фракционирование некоторых изотопов ксенона во время отжига минералов.

ИЗУЧЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА АРГОНА АЗОТНЫХ ТЕРМ ЗАБАЙКАЛЬЯ В СВЯЗИ С ВЫЯСНЕНИЕМ ИХ ГЕНЕЗИСА

Е.А. Басков

Всесоюзный научно-исследовательский геологический
институт МГ СССР

1. Вопросы формирования азотных терм неоднократно обсуждались в литературе и до настоящего времени являются предметом оживленной дискуссии. Одни исследователи допускают, что в формировании азотных терм участвуют глубинные ювенильные воды, другие происхождения азотных терм связывают только с инфильтрационными /вадозными/ водами.

2. Изучение изотопного состава аргона азотных терм Забайкалья, выполненное во ВСЕГЕИ и в лаборатории Геологии Докембрия АН СССР, показало отсутствие в газах радиогенного аргона. Так, например, для Горячинского и Гуси-хинского источников величина $\frac{Ar\ 40}{Ar\ 36}$ равна 288 ± 4 .

$\frac{Ar\ 40}{Ar\ 36}$

3. Изотопный состав аргона азотных терм Забайкалья свидетельствует в пользу их инфильтрационного /вадозного/ генезиса и не подтверждает участия в их формировании глубинных ювенильных вод, связанных с магматическими очагами. Все особенности солевого, бактериального и газового состава азотных терм могут быть объяснены их формированием в зонах крупных тектонических разломов в кристаллических

/главным образом изверженных/ породах путем взаимодей - ствия последних с инфильтрационными слабоминерализован - ными водами. При этом зоны разломов являются своеобраз - ными зонами окисления - зонами глубинного выветривания, в которых происходит в настоящее время формирование низ - котемпературной гидротермальной минерализации.

РАДИОГЕННЫЙ АРГОН В ВОДАХ И ГАЗАХ АРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ

М.С.Гуревич, Т.А.Мишнина

Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт МГ СССР

1. Имеющийся фактический материал о содержании ра - диогенного аргона в свободных и спонтанновыделяющихся га - зах осадочных отложений /включая 200 определений, выпол - ненных во ВСЕГЕИ / дает основание заключить, что общая закономерность его распределения определяется тремя ос - новными факторами:

а/ абсолютным возрастом водоносных, газонефтеносных горных пород и соответственно длительностью процесса радио - активного распада K^{40} ;

б/ количественным содержанием калия в горной породе,

в/ гидродинамической обстановкой геологического разреза. Максимумы концентрации радиогенного аргона свя - заны с калиеносными отложениями и в первую очередь залежа - ми калийных солей.

2. Увеличение Ar рад. по мере возрастания абсолютно - го возраста водоносных и нефтегазоносных отложений просле - живается в Туркменистане, на русской платформе и в США .

Наряду с этим отсутствует определенная зависимость между содержанием Az рад в газе и глубиной залегания последнего.

В газах Туркменистана до глубины 3 км концентрация Az рад увеличивается от 5,5 - 26% в неогеновых отложениях до 26,0 - 47,3% в юрских отложениях. Средняя концентрация Az рад в газах США: кайнозой - 12,6%, мезозой - 48%, палеозой - 74%.

3. Возрастание концентрации Az рад в газе, в зависимости от абсолютного возраста вмещающих горных пород, осложняется аномалиями, вызванными вертикальной миграцией воды, нефти и самого газа, обусловленными разрывными нарушениями различной амплитуды. В положительных аномалиях, связанных с разрывными нарушениями нефтеносных структур Туркменистана, концентрация радиогенного аргона доходит до 46%.

Другим существенным фактором, влияющим на характер распределения Az рад, являются условия его растворимости и, в частности, более высокая растворимость в нефти нежели в природных водах. По-видимому, этим объясняется более высокая концентрация Az рад в составе газа, выделяющегося из нефти по сравнению с газовыми залежами.

4. Величина отношения $\frac{Az \text{ возд.}}{Az \text{ рад.}}$, уменьшающаяся с

увеличением абсолютного возраста газоносных и водоносных отложений, по своим количественным градациям различна для газов разного химического состава и, очевидно, может

быть использована для суждения о его генезисе.

5. Определение генезиса азота по аргон-азотному отношению в случае значительного сдвига изотопного соотношения аргона нужно производить исходя не из общего содержания аргона в данном газе, а лишь той его части, которая имеет воздушное происхождение и эквивалентна соответствующей части азота. В противном случае могут быть допущены значительные ошибки. Например, при наличии в газе от 10 до 30% радиогенного аргона ошибка в определении доли атмосферного азота может составлять до 40%. Необходимо также принимать во внимание состав аргона при использовании гелий-аргонового отношения как индикатора условий подземного водообмена.

ГЕЛИЙ-4, НЕОН-20, НЕОН-22 И РАДИОГЕННЫЙ АРГОН-40
В СИСТЕМЕ ЦИРТОЛИТ-РИБЕКИТ

С.Б.Брандт, В.И.Коваленко, И.Л.Лапидес,
В.И.Смирнов, А.А.Хлебникова, Н.В.Волкова
Институт геохимии СО АН СССР

Фракционирование изотопов благородных газов во взаимно-контактировавших в течение геологических интервалов времени фракциях горных пород представляет геохимический и космохимический интерес.

В предлагаемом исследовании были измерены концентрации гелия 4, неона 20, неона 22 и радиогенного аргона 40 в циртолите и рибеките, извлеченных из области непосредственного контакта. Радиогенный аргон обнаружен только в рибеките. Концентрация гелия в рибеките на по-

рядок меньше таковой в циртолите. Концентрация неона в рибеките на порядок больше, чем в циртолите.

Отношение концентрации неона 20 к неону 22 в изученных объектах аномально, в сравнении с их отношением в атмосферном неоне. Обогащение изотопом неон 20 в рибекитовой фазе достигает тринадцатикратного, а в циртолитовой — семикратного. При лабораторном нагревании наряду с падением концентрации общего содержания неона, наблюдается аномальное с точки зрения теории диффузии, дальнейшее обогащение по легкому изотопу. Последнее говорит в пользу предположения о том, что неон 20 является продуктом ядерной реакции, сечение которой в настоящее время рассчитывается.

• На основании лабораторных прогревов и термограмм делаются выводы о метамиктности структур, положении и генезисе атомов аргона и гелия.

СОДЕРЖАНИЕ

Е.И.Донцова. Изотопные отношения кислорода и геологические проблемы	3
Р.В.Тейс, Д.П.Найдин, И.К.Задорожный. Определение температуры древних морей Русской платформы и некоторых других районов СССР методом изотопной палеотермометрии	6
Д.П.Найдин, Р.В.Тейс, И.К.Задорожный. Сезонные палеотемпературы по изотопному составу кислорода органогенного кальцита раковин моллюсков	8
Е.И.Донцова, Г.Б.Наумов. Определение температур образования гидротермальных кварцев по изотопным соотношениям кислорода	9
Ю.П.Мельник, И.П.Дуговая. Использование закономерностей распределения изотопов кислорода для установления генезиса рудных минералов железистых кварцитов Кривого Рога	II
Е.И.Донцова, А.В.Миловский. Изотопная характеристика метаморфических горных пород	15
В.Е.Ветштейн, Т.П.Гуляницкая, В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов, М.Н.Шимараев. Изотопный состав кислорода и водорода вод открытых водоемов и вулканогенных источников	16
Л.Н.Гриненко, В.А.Гриненко. Закономерности распределения изотопов серы и их использование в геохимических исследованиях	19
В.И.Виноградов. Изотопы серы и проблемы рудообразования	21

- В. А. Гриненко, Л. Н. Гриненко. Фракционирование изотопов серы при высокотемпературном разложении сульфидов 24
- Р. Г. Панкина. Изотопный состав серы и водорода нефтей как показатель палеогеохимических особенностей нефтематеринского бассейна 25
- В. Л. Мехтиева. Влияние микроорганизмов на количество и изотопный состав серы в нефтях 26
- Н. В. Веселовский, А. П. Алексеев, И. Ф. Положенцев, А. А. Рабинович. Изотопный состав серы сульфатных ионов некоторых поверхностных вод суши 27
- Э. М. Галимов. Изотопы углерода в геологии 30
- Ф. А. Алексеев, В. С. Лебедев, Т. А. Крылова. Изотопный состав углерода природных углеводородов и вопросы их генезиса 33
- О. И. Кропотова. Некоторые вопросы геохимии эндогенного углерода по изотопным данным 35
- И. В. Гринберг, М. Е. Петриковская. Исследование соотношений стабильных изотопов водорода и углерода C^{12}/C^{13} органического вещества каустобиолитов 37
- В. М. Овсянников, В. С. Лебедев. Изотопный состав углерода газов биохимического генезиса 38
- О. И. Кропотова, С. Д. Малинин, В. А. Гриненко. Экспериментальное изучение изотопного разделения углерода в системе CO_2 /газ/ \rightleftharpoons HCO_3^- /раствор/ при гидротермальных условиях 40

Ю.М.Артемов, В.П.Стрижов, В.И.Устинов, А.А.Ярошевский. Изотопные эффекты процессов доломитообразования	41
В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов, Л.С.Власова. Роль стабильных изотопов водорода в изучении геоло- гических процессов	44
В.С.Брезгунов, В.Н.Сойфер. Исследование изотопного состава водорода природных вод в связи с их происхождением	46
В.А.Молочнова, М.М.Соколов, А.В.Горев, Н.М.Бугров	48
О распространенности дейтерия в подземных водах	
В.Н.Сойфер, В.С.Брезгунов, Л.С.Власова. Изотопный состав водорода нефтей различных месторож- дений СССР	49
В.Ф.Волынец, И.К.Задорожный, К.П.Флоренский. Формы нахождения и изотопный состав азота в природных объектах	51
Ю.П.Шергина, А.Б.Каминская. Вариации изотопного состава бора в природе и пути использования этих вариаций при геохимических поисках	52
Л.С.Тарасов, С.И.Зыков. Применение изотопно-свинцо- вого метода для решения геологических задач	55
В.М.Ершов. К интерпретации изотопного состава свинца колчеданных месторождений Урала	56
Н.М.Бугров, Л.Т.Данилов, Г.О.Кешишян. Подвижность изотопов свинца в горных породах	58

- П.Ф.Андреев, Н.М.Бугров, В.С.Глебовская, Л.Т.Данилов,
Е.А.Ильинская, М.С.Каштан, Г.О.Кешишян.
Об изотопном составе свинца в природных водах. 60
- А.Г.Жиглинский. О точности спектральных методов опре-
деления изотопного состава элементов 62
- М.С.Каштан, В.В.Булатов, И.С.Зыкова. Спектральный
метод изотопного анализа микроколичеств
свинца в условиях полевой лаборатории 63
- И.М.Горохов. Некоторые вопросы геохимии изотопов
стронция 65
- В.И.Лебедев, Л.М.Прокофьев, А.С.Кириллов,
А.В.Тарасов. Об изотопных соотношениях K^{39}/K^{41}
в слюдах 67
- Э.К.Герлинг, И.Н.Толстихин, Ю.А.Шуколюков.
Изотопный состав и распространенность элемен-
тов нулевой группы в природных газах 69
- Г.Ш.Ашкинадзе, Ю.А.Шуколюков. Комплексное изучение
миграции стабильных изотопов гелия, аргона,
криптона и ксенона в некоторых минералах 71
- Е.А.Басков. Изучение изотопного состава аргона
азотных терм Забайкалья в связи с выяснением
их генезиса 72
- М.С.Гуревич, Т.А.Мишнина. Радиогенный аргон в водах
и газах артезианских бассейнов 73
- С.Б.Брандт, В.И.Коваленко, И.Л.Лапидес, В.И.Смирнов,
А.А.Хлебникова, Н.В.Волкова. Гелий-4, неон-20,
неон-22 и радиогенный аргон-40 в системе
циртолит-рибекит 75

Подписано к печати 24 ноября 1966 г.
Т-15729. Заказ №237. Тираж 500 экз.

Ротапринт ГЕОХИ АН СССР
Москва, В-334, Воробьевское шоссе, 47 а

1242