

Б. П. БУЛАШЕВИЧ, В. Н. БАШОРИН

ГЕЛИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА ПРОФИЛЕ ГЛУБИННЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ В ЗАУРАЛЬЕ

(Представлено академиком А. Н. Тихоновым 21 I 1970)

1. Гелий генерируется в Земле за счет α -распада в рядах урана и тория. По А. П. Виноградову ⁽¹⁾, в настоящее время скорость образования радиогенного Не равна 4550 т/год, а количество Не, образовавшегося за геологическую историю Земли в 4,5 млрд. лет, составляет $3,1 \cdot 10^{13}$ т, что эквивалентно примерно 0,62% массы современной атмосферы. Несколько более половины Не образуется в земной коре, остальная часть в мантии и ядре. В зависимости от предположений о распределении урана и тория в глубинных слоях Земли и о соотношении между массами гранитов и базальтов в земной коре расчетная скорость образования Не получается различной в пределах одного порядка ⁽²⁾.

Если допустить, что утечка Не в атмосферу и космос мала сравнительно со скоростью его генерации, то содержание Не в земной коре составит $0,43 \cdot 10^{-6}$ г/г породы. Практически, учитывая приближенность расчета, эта величина совпадает с распространенностью Не в атмосфере $0,7 \cdot 10^{-6}$ г/г воздуха. Соответственно объемная концентрация Не в земной коре в $1,4 \cdot 10^3$ выше. Эта разность концентраций и определяет в конечном счете направленную миграцию Не из земной коры в атмосферу.

2. Являясь весьма подвижным компонентом, Не выделяется из твердой фазы в микро- и макропоры, образуя составную часть природных газов и газов, растворенных в подземных водах. Последующая миграция гелия происходит, в частности, вместе с подземными водами. Естественно предположить, что тектонические разрывные нарушения, в особенности глубинные разломы, являются теми зонами, по которым происходит повышенный вынос Не с глубоких горизонтов. Одним из известных примеров такого выноса является высокая гелиеносность источников вблизи оз. Танганьика в Африке, формирующихся в зоне крупнейшего разлома земной коры ⁽²⁾. Кроме того, большая трещиноватость и дополнительная минерализация пород, которые выполняют полости разломов, могут повысить удельную отдачу Не в поровое пространство. Например, повышенное эмансирование по радопу позволяет в ряде случаев картировать тектонические трещины, подходящие к дневной поверхности. Однако этот метод не является глубинным в связи с малым временем жизни радона.

Для проверки предположения о связи повышенных концентраций с разломами был выбран в Зауралье участок профиля ГСЗ длиной около 110 км.

3. Пробы воды брались преимущественно из скважин-водокачек с глубины 80—100 м. Вакуумным способом из пробы отбирался объем газа 20 см³, в котором определялась концентрация Не на гелиевом течеискателе ПТИ-6.

На участке профиля (рис. 1) методом ГСЗ выявлены глубинные разломы земной коры, некоторые из которых имеют заложение ниже границы Конрада и выходят на поверхность фундамента, пересекая промежуточный (диоритовый) и гранитный слои ⁽³⁾. Части разломов соответствует локальное повышение магнитного поля. Участок профиля проходит через зону сочленения Восточно-Уральского прогиба и Зауральского поднятия.

В восточной части профиля распространен чехол мезокайнозойских отложений, достигающих мощности 300—400 м.

Гелиевой съемкой выявлено резкое изменение содержания He. На фоне низких значений $0,5-2,0 \cdot 10^{-3}$ об. % выделяются аномальные содержания до $(20-30) \cdot 10^{-3}$ %, соответствующие глубинным разломам. При этом к разломам, имеющим большую глубину заложения (ниже поверхности Копрада), приурочены более высокие гелиевые аномалии. Аномалии содержа-

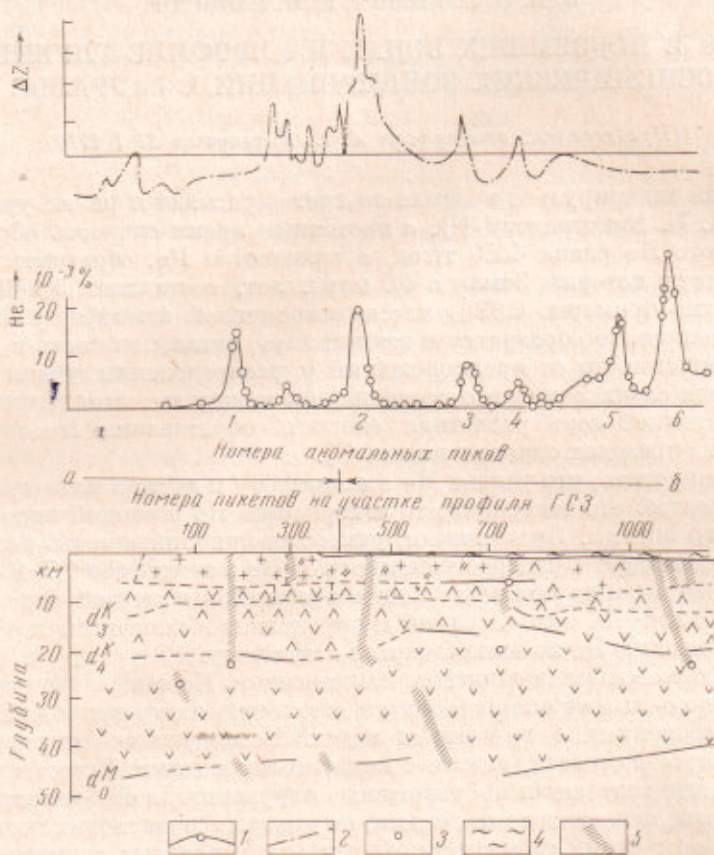


Рис. 1. 1 — наблюдаемые значения концентрации гелия, 2 — значения вертикальной компоненты магнитного поля ΔZ , 3 — точки дифракции по ГСЗ, 4 — мезокайнозойские осадки Зауралья, 5 — зоны тектонических нарушений в земной коре по сейсмическим данным. d_0^M — граница Мохоровичича, d_4^K — граница Копрада, d_3^K — подошва гранито-гнейсового комплекса. а — Восточно-Уральский прогиб, б — Зауральское поднятие

ния He в водоносном горизонте палеогеновых и верхнемеловых отложений свидетельствуют о разрывных нарушениях в породах мезокайнозоя, представляющих проявление развития глубинных разломов (4). Сложность строения самих разломов и широких зон дизъюнктивных дислокаций платформенных образований могут приводить к смещению пиков концентраций по отношению линии разлома, установленной по сейсмическим данным (5). По-видимому, этим и объясняется западное смещение аномального пика 5. Гелиевая аномалия средней интенсивности 3 коррелируется с пиком магнитного поля, но также смещена западнее разлома.

Определение концентрации He в подземных водах позволяет выявлять и трассировать глубинные разломы как пути интенсивной миграции He к земной поверхности и дает экономичный метод региональных геофизических исследований.

Следует отметить, что в пробах воды не было какой-либо корреляции между содержанием He и радиоактивных элементов.

4. Наряду с He, в земной коре производится Ar за счет электронного захвата K^{40} . Если ориентировочно принять среднее содержание калия в земной коре 2%, то скорость образования аргона составит около 4400 т/год, что примерно вдвое больше ежегодной генерации He. Сохранность аргона в минералах, как показывает калий-аргоновый метод определения абсолютного возраста, несколько выше чем He. Однако аргон входит в состав природных газов в весовых концентрациях, сравнимых с He (2). Поэтому изучение распределения аргона в подземных водах также может дать информацию о разрывной тектонике. Диапазон увеличения содержания калия от ультраосновных пород до кислых по крайней мере на порядок меньше, чем для радиоактивных элементов источников He (6). Поэтому комплексирование гелиевой и аргоновой съемок может дать дополнительные сведения о тектонических структурах и составе пород, через которые происходит движение подземных вод.

Институт геофизики
Уральского филиала Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
19 I 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Виноградов, Газовый режим Земли, Химия земной коры, 2, «Наука», 1964. ² В. П. Якуцени, Геология гелия, Л., 1968. ³ Н. И. Халевиц, В. С. Дружинин, В. В. Долгих, Сборн. Глубинное строение Урала, «Наука», 1968. ⁴ Н. И. Архангельский, Сборн. Закономерности формирования и размещения полезных ископаемых на Урале, 2, Свердловск, 1962. ⁵ В. Н. Башорин, Сборн. Материалы к первой уральской конференции молодых геологов и геофизиков, Свердловск, 1967. ⁶ А. П. Виноградов, Геохимия, № 7 (1962).