

Член-корреспондент АН СССР Ю. П. БУЛАШЕВИЧ, В. Н. БАШОРИН

О ПРИУРОЧЕННОСТИ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГЕЛИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ К ПЕРЕСЕЧЕНИЯМ РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ

1. В (1) было показано, что разрывным тектоническим нарушениям соответствуют повышенные концентрации гелия, растворенного в подземных водах. Это связано с более интенсивным выносом гелия по зоне разлома, т. е. поясу дробления и повышенной трещиноватости горных пород. Следует ожидать, что пересечения тектонических разрывов сплошности,

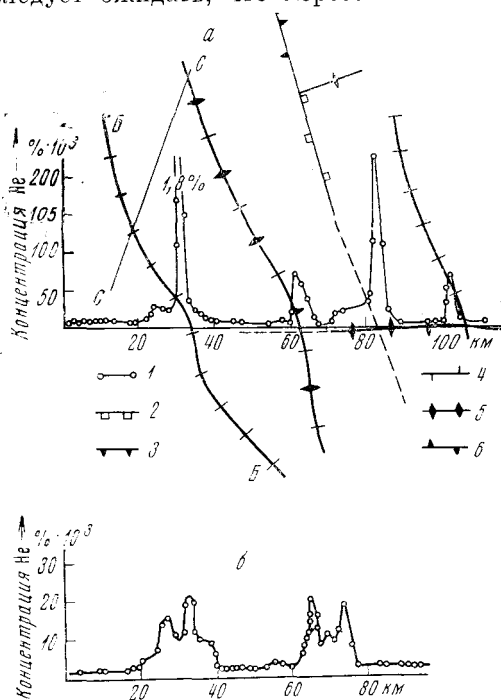


Рис. 1. а: 1 — график наблюдаемых концентраций гелия; 2—6 — дизъюнктивные нарушения (штрихи даны в сторону падения нарушений): 2 — мезозойско-кайнозойские, 3 — позднелазейские, 4 — ордовикско-намюрские, 5 — разрывные нарушения вертикального падения, 6 — разрывные нарушения невыясненного падения. б — распределение концентрации гелия в подземных водах вдоль профиля СС

2. Пробы воды отбирались с глубины порядка 100 м, затем из них вакуумным способом извлекался газ, в котором определялось содержание гелия.

На фоне нормальных значений $(0,5-2,0) \cdot 10^{-3}$ об. % разломы выделяются повышенными концентрациями гелия порядка $(10-20) \cdot 10^{-3}$ об. %. Это особенно ясно видно по крупномасштабному графику (рис. 1б),

особенно разновозрастных и многократно возобновлявшихся, представляют пути еще более интенсивной миграции гелия. Это подтверждается полевыми наблюдениями. На рис. 1 приведена по (2) тектоническая схема участка к юго-западу от г. Кустаная. Пунктиром указано продолжение дизъюнктивных нарушений в соответствии с более новой геолого-структурной картой (3). На схеме показан субширотный разлом, который по (2, 3) пересекает три субмеридиональных разрывных нарушения. Второе и четвертое нарушения (рис. 1а), считая с запада, выделяются под названием Ливановского и Апановского разломов. Указанные разломы ограничивают главную рудоносную полосу или так называемую Валерьяновскую подзону Тюменско-Кустанайского прогиба (3). Это весьма мобильный участок земной коры, в пределах которого выявлено большое количество разрывных нарушений, определяющих его блоковое строение. Покровная толща мезозойско-кайнозойских отложений на участке имеет мощность 120—200 м.

соответствующему линии *СС* на рис. 1а. Наиболее высокие концентрации гелия (0,075—1,8 об.%) выделяют пересечения разрывных нарушений. Положение пика в 1,8 об.% на рис. 1а фиксирует пересечение субширотного разлома с разломом *ББ*. Здесь интерпретация распределения концентрации гелия уточняет данные геологического картирования. Пересечения разломов, которым соответствуют аномалии гелия, являются наиболее проницаемыми участками земной коры. Вероятно, такие участки являлись теми каналами, по которым происходил наиболее интенсивный транспорт глубинного вещества. Выявление скрытых, не проявляющихся на поверхности погребенных глубинных разломов важно для прогноза новых зон и поясов рудных месторождений ⁽⁴⁾. В этом значение гелиевой съемки как метода региональной геофизики. Для изучения связи гелиевых, а возможно, и аргоновых аномалий с глубиной заложения разломов необходимы специальные исследования с привлечением сейсмических и других методов геофизики.

3. С уменьшением глубины отбора проб воды концентрация гелия резко падает. В приповерхностных пробах содержание гелия в растворенном газе близко или такое же, как в приземной атмосфере. По-видимому, на верхних горизонтах кристаллического фундамента подземные воды распространяются по системе более мелких разрывных нарушений и трещин отдельности, а также по унаследованным структурам покровных образований. Это приводит к значительным размерам гелиевых аномалий 5—20 км, выделяющих разломы на горизонте 100 м. Выше происходит разгрузка и разбавление глубинных вод поверхностными, а также размывание гелиевых ореолов за счет субгоризонтальной фильтрации.

Выше уровня грунтовых вод миграция гелия в атмосферу должна происходить только за счет диффузии, осложненной влиянием метеорологических факторов. Поэтому несмотря на всю сложность процесса распространения гелия в толще земной коры имеется основание применить диффузионную схему для расчета плотности потока гелия на дневной поверхности $j = D^* \eta \partial C / \partial z$ ⁽⁵⁾. Вертикальный градиент определялся по измерениям концентрации гелия на забое сухих неглубоких скважин (10—15 м) для коры выветривания одного из массивов плагиигранитов в Зауралье. В эти площадки исследования автоматически вошли со своими относительными весами участки над разрывными нарушениями и участки над ненарушенным фундаментом. В среднем $\partial C / \partial z = 2,5 \cdot 10^{-7}$ об.% / м или $7 \cdot 10^8$ атомов He на 1 см⁴. Так как вдоль скважины концентрация несколько выравнивается, то полученное значение может быть занижено.

Коэффициент диффузии гелия в условиях естественного залегания плагиигранитов не определялся. Для близких условий глинистой коры выветривания кислых пород коэффициент диффузии радона равен $0,27 \cdot 10^{-2}$ см²/сек при пористости $\eta = 0,06$ ⁽⁶⁾. При тех же условиях коэффициент диффузии гелия больше на множитель 7,1 ^(5, 6). Следовательно, $D^* = 0,02$ см²/сек. С этими численными значениями находим плотность потока гелия в атмосферу $j = 2,6 \cdot 10^{17}$ ат. He/м²·год. Оценка выделения гелия по скорости его утечки в космос дает $1,84 \cdot 10^{17}$ ат. He/м²·год, по скорости эрозии $9,4 \cdot 10^{16}$ ат. He/м²·год ⁽⁷⁾. Приведенный расчет, несмотря на его ориентировочность, в принципе дает правильный путь определения плотности потока гелия в атмосферу, основанный на экспериментальных данных.

Полученное значение коэффициента диффузии можно использовать для оценки эксхалации радона с дневной поверхности в атмосферу. По ⁽⁵⁾ для плотности потока радона имеем $j = \alpha Ra \rho \sqrt{\lambda D^*}$. Подставляя значения коэффициента эманирования $\alpha = 0,1$, концентрации радия $Ra = 1,2 \cdot 10^{-12}$ С/г ⁽⁸⁾, объемного веса $\rho = 2$ г/см³, постоянной распада $\lambda = 2,1 \cdot 10^{-6}$ сек⁻¹, находим $j = 2 \cdot 10^{-17}$ С Rn/см²·сек. По данным ⁽⁹⁾ для большинства почв Европейской части Союза плотность потока радона составляет $(1,9—3,0) \cdot 10^{-17}$ С/см²·сек, что хорошо согласуется с расчетной оцен-

кой эксхалации радона. Косвенно это подтверждает правильность выбора коэффициента диффузии, использованного для подсчета плотности потока гелия в атмосферу.

Институт геофизики
Уральского научного центра
Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
16 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Ю. П. Булашевич, В. Н. Башорин, ДАН, 193, № 3, 573 (1970). ² Геология СССР, 12, ч. 1, кн. 2, М., 1969. ³ П. Н. Кобзарь, В сборн. Закономерности размещения и образования месторождений Мугоджар и Тургайского прогиба, Алма-Ата, 1968. ⁴ А. В. Пейве, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 57 (1956). ⁵ Ю. П. Булашевич, Н. П. Карташов, Изв. АН СССР, Физика Земли, № 10, 71 (1967). ⁶ Ю. П. Булашевич, Н. П. Карташов, В. Н. Башорин, Изв. АН СССР, Физика Земли, № 1, 70 (1970). ⁷ В. П. Якуцени, Геология гелия, Л., 1968. ⁸ А. П. Виноградов, Геохимия, № 7 (1962). ⁹ Т. И. Сисигина, В сборн. Радиоактивные изотопы в атмосфере и их использование в метеорологии, 1965.