

Член-корреспондент АН СССР Ю. П. БУЛАШЕВИЧ,
Е. А. ЛЮБИМОВА, Н. П. КАРТАШОВ, Г. А. ТОМАРА,
В. Н. БАШОРИН, А. Л. АЛЕКСАНДРОВ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕЛИЯ И ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ У ДНА ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ

1. Гелиевая съемка позволяет выявлять и трассировать разломы земной коры, перекрытые поверхностными образованиями и не проявляющиеся на поверхности (¹, ²). При этом преимущественно выделяются глубинные разломы, пересекающие всю толщу земной коры (³). В некоторых случаях особенно высокие концентрации гелия, растворенного в подземных водах, приурочены к пересечениям разломов (⁴). Гелиевая съемка как метод изучения разрывной тектоники суши получает все более широкое распространение. При этом необходимая сохранность гелия обеспечивается только при отборе проб воды с достаточной глубины, например из скважин-водокачек.

Представляет интерес исследование возможности выделения разломов дна глубоководных бассейнов по повышенным концентрациям гелия в придонном слое. Как показано ниже, такие определения целесообразно сочетать с геотермическими измерениями, количество которых возрастает, особенно в океанических областях (⁵, ⁶).

Радиогенное тепло и радиогенные стабильные газы имеют в земной коре и мантии одни и те же источники: для He^4 это торий и изотопы урана, а для A^{40} — изотоп калия. Комплексные геотермические и гелиевые, а возможно, и аргоновые измерения должны дать информацию о глубинных процессах переноса энергии и вещества от одних и тех же источников и о коррелятивной связи между этими потоками вдоль живущих разломов.

2. На озере Иссык-Куль геотермические исследования в течение последних лет производятся экспедицией Института физики Земли, к которой в 1972 г. присоединился отряд Института геофизики для выполнения гелиевой съемки по тем же профилям и точкам. Под впадиной озера расположен Иссык-Кульский массив, который пересекается Транс-Иссык-Кульским разломом, представленным серией разрывов северо-западного простирания. Цепочка аэромагнитных аномалий трассирует этот разлом под акваторией озера (⁷). Положение разлома указано на ряде мелкомасштабных карт (⁷, ⁸), по которым они ориентировочно изображены на рис. 1 и рис. 2.

Оз. Иссык-Куль бессточное, что позволило определить абсолютный возраст озера по накоплению хлора в 135 тыс. лет (⁹). По уменьшению изотопного отношения $\text{U}^{234}/\text{U}^{238}$ в воде озера сравнительно со средним отношением во впадающих в него реках получается сходная оценка возраста 110 ± 40 тыс. лет (¹⁰, ¹¹). Этот возраст недостаточен для установления равновесия между изотопом урана и его производными. Делая ряд предположений, заведомо завышающих накопленное количество гелия в озере за счет растворенных радиоэлементов, получим, что его концентрация не будет превышать $1,0 \cdot 10^{-4}$ об. % газовой фазы, т. е. меньше содержания в атмосфере $5,4 \cdot 10^{-4}$ об. %. Таким образом, фоновая концентрация, обусловленная источниками в воде Иссык-Куля, оказывается низкой.

3. Геотермический градиент измерялся термоградиентографами системы ИФЗ АН СССР и СКБ ИРЭ АН СССР при погружении их в донные отложения. Разность температур определялась с помощью батарей дифферен-

циальных термопар с разном термочувствительных элементов на 115 см и записывалась автономным самописцем либо передавалась на борт судна по тросу-проводу частотным кодом. Одновременно производился отбор проб грунта для измерения теплопроводности методом иглочатого зонда ⁽⁵⁾. В тех же точках производился отбор проб воды для анализа на гелий. Для отбора применялся телескопический пробоотборник ВСЕГИНГЕО, конструкция которого предусматривает сохранность жидкой и газовой фаз ⁽¹²⁾. Пробоотборник срабатывал у дна озера после посылки груза по тросу лебедки. Газовая фаза отбиралась из его верхнего штуцера вместе с некоторым количеством воды. Концентрация гелия в газе определялась в лабораторных условиях на усовершенствованном гелиевом течекскалеле типа

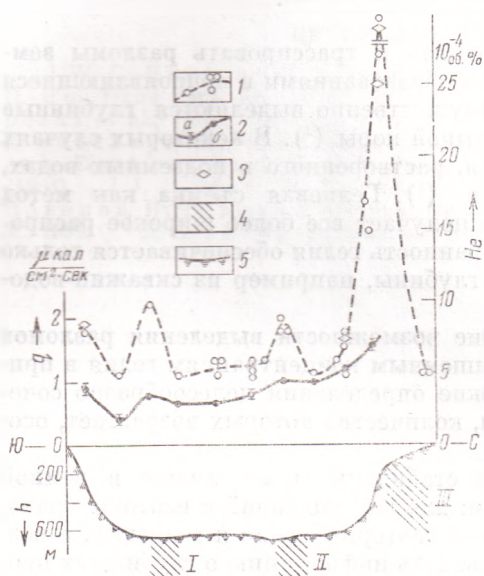


Рис. 1

Рис. 1. 1 — значения концентрации He в придонном слое, измеренные на ПТИ-6, 2 — значение плотности q теплового потока, 3 — значения концентрации гелия в дубликатных пробах, измеренные на масс-спектрометре MS-10, 4 — ориентировочное положение разломов по геологическим данным, 5 — схематический рельеф дна Иссык-Куля

Рис. 2. Обозначения такие же, как на рис. 1

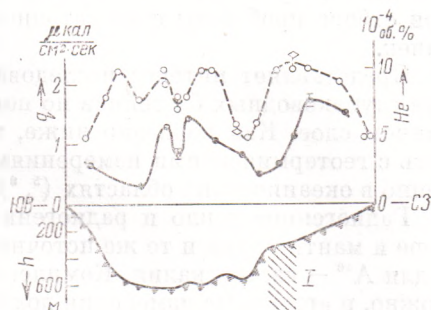


Рис. 2

ПТИ-6, некоторое количество дубликатов проб измерялось на масс-спектрометре MS-10 с погрешностью 10%.

4. На рис. 1 представлен меридиональный профиль через Иссык-Куль по линии Кольцовка — Чолпон-Ата. Концентрация гелия мала, но все же ее дифференциация определяется достаточно уверенно. Особенно это относится к точке в $5,5 \cdot 10^{-3}$ об. % гелия, которая увязывается с зоной тектонических нарушений, выходящей на северный берег озера.

Два других повышения концентраций соответствуют двум разломам Иссык-Кульского массива. Существенно, что кривая плотности теплового потока, хотя ее ондуляции и невелики, следует распределению концентрации гелия вдоль профиля. Следует отметить, что теплопроводность донных осадков изменяется незначительно и ее среднее значение по 30 измерениям составляет $2,3 \cdot 10^{-1}$ кал/(см·сек·°С). Среднее отклонение равно примерно $\pm 10\%$ от этой величины.

Второй профиль, приведенный на рис. 2, проходил по линии Тон — Чоктал, составляя угол около 25° с первым профилем. Выбор такого направления определялся навигационными условиями. Этот профиль пересекал разлом I под острым углом, что, по-видимому, определило широкий максимум в северо-западной части профиля. По сравнению с данными наземной съемки по скважинам-водокачкам возрастание концентрации гелия весьма мало. Исключение составляет только северный максимум на рис. 1.

Строение дна Иссык-Куля известно, конечно, с гораздо меньшей достоверностью, чем строение районов наземной гелиевой съемки. Поэтому трудно увязать колебания концентрации гелия на рис. 2 с имеющимся геологическим материалом. Однако общее подобие кривых концентрации гелия и тепловых потоков на рис. 2 уменьшает элемент случайности в изменении измеренных величин.

Полученный материал ограничен и позволяет сделать только предварительные выводы. Они сводятся к корреляции концентраций гелия в придонном слое Иссык-Куля с плотностью теплового потока. Повышенные значения этих величин увязываются с разломами дна озера. Аналогичных результатов следует ожидать в океанических областях и в изучении разрывной тектоники шельфа. Трассирование живущих разломов океанического дна подводной гелиевой и термической съемками явится источником дополнительной информации о тектонике океанической коры.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва
Институт геофизики
Уральского научного центра Академии наук СССР
Свердловск

Поступило
15 I 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. П. Булашевич, В. Н. Башорин, ДАН, 193, № 3, 573 (1970).
- ² В. Н. Башорин, В сборн. Матер. к I уральск. конфер. молодых геологов и геофизиков (Тез. докл.), Свердловск, 1967.
- ³ Ю. П. Булашевич, В. Н. Башорин и др., ДАН, 208, № 4 (1973).
- ⁴ Ю. П. Булашевич, В. Н. Башорин, ДАН, 201, № 4, 840 (1971).
- ⁵ Е. А. Любимова, Термика Земли и Луны, «Наука», 1968.
- ⁶ Р. П. Герцен, У. Х. К. Ли, В сборн. Земная кора и верхняя мантия, М., 1972.
- ⁷ В. И. Кнауф, Геология СССР, 25, КиргССР, кн. 2, М., 1972.
- ⁸ К. Д. Помазков, Тр. Управления геологии и охраны недр, Сборн. 2, М., 1962.
- ⁹ Д. Г. Сапожников, М. А. Виселкина, Тр. Инст. геол. рудн. месторожд., петрогр., минерал. и геохим. АН СССР, в. 36, (1960).
- ¹⁰ П. И. Чалов, Т. В. Тузова, Я. А. Мусин, Геохимия, № 5 (1964).
- ¹¹ П. И. Чалов, Датирование по неравновесному урану, Фрунзе, 1968.
- ¹² Справочное руководство гидрогеолога, 2, Л., 1967.