

МАТЕРИАЛЫ К СОВЕЩАНИЮ  
"ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ"

---

А.Н.ДМИТРИЕВ  
СО АН СССР, Новосибирск

РАДИОАКТИВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЧАСЫ, ИХ ТОЧНОСТЬ И  
НАДЕЖНОСТЬ

1. Теоретически все горные породы и минералы являются часами, поскольку в любом геологическом теле содержатся радиоактивные примеси. Фактически роль часов выполняет довольно узкий класс минералов и пород. Этот класс обладает большой устойчивостью по отношению к внешним воздействиям и содержит радиоактивные примеси в количестве, достаточном для получения надежного результата при измерении времени.

2. Разделим геологические радиоактивные часы, идущие с постоянной скоростью, по пространственному признаку на единичные и суммарные часы.

• Единичные часы представляют собой исследуемый материал  $\Delta V$  в количестве, необходимом и достаточном с точки зрения статистических требований подсчета исходных и распавшихся атомов. В это определение не входят свойства, вытекающие из специфики методик и изотопных пар.

Экспериментальное определение времени сопровождается полным разрушением устройства, сохраняющего временную информацию. На данные геологические часы "смотрят" один раз. Нарушение памятного устройства происходит естественным путем за счет вторичных

процессов, развивающихся в геологическом теле, содержащем единичные часы.

Запоминание и счет времени начинается с момента создания устойчивой структуры вещества. При смене структуры часы могут регенерировать (пойти с нового нуля отсчета) или рассеяться, если вещество, подвергаясь структурным перестройкам, теряет радиоактивный материал. Однако любая степень повреждения памятного устройства часов не нарушает правильности их хода, характер радиоактивного распада не изменяется.

Суммарные часы - это набор единичных часов, пространственно образующих геологическое тело. Интрузив, дайка, жила, пласт - все это суммарные геологические часы  $V$ . Для больших интрузивов зачастую трудно отыскать среднее значение возраста.

3. На практике отсчет времени, полученный по единичным часам, отождествляется со средним временем суммарных часов, т.е.

$$t_{\Delta V} = t_V \quad (I)$$

В действительности такое отождествление не всегда возможно. Условие (I) наиболее четко выполняется при синхронном запуске всех единичных часов за малый промежуток времени по сравнению с  $t_{\Delta V}$ . Если время запуска растянуто, то условие синхронизации (I) преображается.

Рассмотрим случай несинхронного запуска единичных часов, когда условие (I) резко нарушается.

Относительное совмещение показаний любой пары единичных часов со временем можно проследить, решая простое соотношение

$$\lambda = \frac{2\tilde{T}}{t_{\Delta V_1} + t_{\Delta V_2}}, \quad (2)$$

где  $\tilde{T}$  равно  $t_{\Delta V_1} - t_{\Delta V_2}$ ;

$\lambda$  - величина совмещения, зависящая от переменной  $t$  и зна-

чения  $\bar{\tau}$ . Это величина иллюстрирует относительную сходимость собственных времен произвольной пары единичных часов. Задаваясь различными значениями  $t$  при фиксированной разности  $\bar{\tau}$ , по равенству (2) находим ряд значений  $\alpha$ , по которым для  $\bar{\tau}=5$  построена кривая совмещения времен пары часов с ростом времени.

Естественно, что при  $t \rightarrow \infty, \alpha \rightarrow 0$ , т.е. исчезает относительное различие в показаниях единичных часов в различные моменты формирования геологического тела.

Произвольным образом выбранные значения  $\bar{\tau}$  и вычисленные для них  $\alpha$  позволяют связать условие синхронизации единичных часов при неограниченном возрастании  $T$  с экспериментальным фактором.

4. Точность, с которой снимается отсчет времени по единичным часам, на настоящий момент не превышает 10%. Если  $\bar{\tau}$  меньше или равно 8 - 10% от величины  $t$ , то условие (I) выполняется; если  $\bar{\tau} > 10\%$ , то условие (I) нарушается.

Если нет возможности опытным путем установить достоверные различия в показаниях времени единичных часов, то несмотря на возможную несинхронность их запуска, его надо считать практически синхронным, а суммарные часы будут показывать одинаковое время. Условие для синхронности запуска единичных часов при образовании геологического тела с одновременным учетом процесса совмещения времен и экспериментальных возможностей на данный момент расширяется. Если за экспериментальный критерий принять  $\varepsilon$ , то условие (I) для практической синхронности записется в виде:

$$\frac{T}{t} < \varepsilon, \quad (3)$$

$$\text{для несинхронности } \frac{T}{t} > \varepsilon \quad (4)$$

Различие между  $\alpha$  и  $\varepsilon$  заключается в том, что  $\alpha$  принимает значения в зависимости от  $\bar{\tau}$  и  $t$ , а  $\varepsilon$  имеет

фиксированное значение в зависимости от точности измерительных процедур и не зависит от времени, показываемого часами. Для

$\varepsilon = 0,05$  с соблюдением условия  $\frac{\tau}{t} = \varepsilon$  построена кривая синхронизации.

В любой точке кривой  $\varepsilon = 0,05$ , а  $\tau$

и  $t$  различны.

5. В тех случаях, когда требуется доказать разновозрастность геологических событий, фактически следует установить несинхронность двух показаний единичных часов. Воспользуемся условием (3) для решения простых примеров. Большинство геохронометрических методик указывает точность 10%, что для  $\varepsilon$  составляет 0,1 и, следовательно, для несинхронности будем иметь  $\frac{\tau}{t} > 0,1$ . Пусть действительный возраст  $t = 100$  млн. лет,  $t_2' = 80$  млн. лет, а  $t_1' = 90$  млн. лет и  $\tau = 20$  млн. лет, тогда  $\frac{\tau}{t} = 0,22$ , откуда следует, что заданное условие выполняется и единичные часы свидетельствуют о различных событиях.

Далее, пусть  $t_1' = 1000$  млн. лет,  $t_2' = 1100$  млн. лет,  $t_1' = 1050$  млн. лет, а  $\tau = 100$  млн. лет; тогда  $\frac{\tau}{t} = \frac{100}{1050} = 0,095$ . Условие несинхронности не выполняется, и показания часов  $t_1', t_2'$  следует считать практически синхронными, несмотря на разницу в 100 млн. лет.

Совмещение показаний часов несинхронного запуска, идущих правильно и равномерно с некоторым средним временем, является одним из способов утечки информации о прошлых событиях Земли. Поскольку всегда  $\varepsilon > 0$ , то этот вид потери временной информации времени всегда имеет значение.

6. Отыскание среднего времени  $t$  иллюстрирует еще одну форму потери временной информации. Для получения максимума временной информации следует определять не  $t$ , а отыскивать ин-

тервал значений пары часов, взятой в начальный и конечный моменты формирования геологического тела. Устойчивость временной информации возрастает по мере продвижения событий к настоящему моменту; дробные геологические сведения можно получить только для молодых событий.

7. Исследование искажения часов можно провести на некоторой формальной модели.

Наиболее точное геологическое время показывают единичные часы, не потерявшее информацию о времени их запуска.

Искажающие факторы - это все, что приводит часы к неверным показаниям времени от момента запуска часов к моменту снятия отсчета. Информационная сохранность часов в геологических условиях нарушается в результате метаморфизма, тектонических влияний, энергетического несоответствия сохранности радиогенных продуктов на большой глубине, миграции продуктов распада в атмосферу и т.д.

Счет и запоминание времени в часах начинается с момента закладки радиогенных изотопов в кристаллическую решетку минералов. Количество всех закладок часов  $\Delta V$  в суммарных часах  $V$  представляет собой оперативный объем памяти о времени формирования данного геологического тела. Множество  $\Delta V$  и их состояний делает необходимым рассмотрение некоторых стохастических моделей поведения сообществ единичных часов.

Часы могут находиться в нескольких состояниях: верно идущие, опережающие, отстающие, остановившиеся на запуске. Состояние  $A$ , для всех единичных часов  $L$  выступает как момент запуска  $t$  часов, показывающих на определенном интервале времени ( $t + \Delta t$ ) правильное время. По истечении указанного интервала времени часть часов  $L$  может подвергнуться процессу перестановки в не-

формации:

- а) группа цифр действительного возраста получена при снятии отсчета времени по часам, которые учли и сохранили все акты распада радиоактивного изотопа;
- б) группа цифр удревненного возраста получена при анализе часов с избытком дочернего или недостатком материнского вещества;
- в) группа цифр омоложенного возраста получена в экспериментах над часами с таким видом нарушения памятного устройства, при котором происходит потеря дочернего или привнесение материнского вещества.

Получение недействительных цифр возраста вызвано искажениями в соотношении дочерних и материнских веществ при запуске (например, захват дочернего продукта) и перекодировке информации.

---