

8. Страхов Н. М. Основы исторической геологии. Ч. II. Госгеолиздат, 1948.
 9. Шульц С. С. Опыт генетической классификации речных террас.— Изв ВГО, т. 72, вып. 6, 1940.
 10. Эдельштейн Я. С. Основы геоморфологии. Изд. 2. Госгеолиздат, 1947.

*Институт геологии и геофизики
 Сибирского отделения АН СССР,
 Новосибирск*

*Статья поступила в редакцию
 19 октября 1964 г.*

А. Н. ДМИТРИЕВ

ВЫБОР ИНТЕРВАЛОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ

Постоянное стремление геологов изучать объекты своего исследования в развитии вызывает интерес к проблеме времени в геологии. Вариант формального подхода, изложенный в данной заметке, является попыткой начать последовательное обоснование геологических представлений о времени.

Рассматриваемая задача возникает при изучении геологических событий, представленных геохронологической шкалой. Геохронологическую шкалу можно выразить как некую градуированную траекторию, заданную временным рядом, т. е. в виде последовательности геологических событий, указываемых в разноточающиеся моменты времени или продолжавшихся неравные промежутки времени. Такое задание шкалы удовлетворяет геологическим требованиям, по которым шкала должна отражать общий ход историко-геологического процесса с освещением его этапности, направленности, неравномерности, масштабности [2—5].

Под геологическим событием понимается процесс с непрерывным временем, представляющий свойства случайных величин ω_t (с действительными значениями), где t пробегает множество целых чисел. Слова «с непрерывным временем» указывают на характер изменения параметра t , все значения которого образуют плотное множество. Слова «случайных величин» указывают на то, что геологические события не вполне детерминированы. В строгом смысле описать событие как $\{\omega_t\}$ — значит указать совместное распределение каждого конечного набора образующих его случайных величин. Однако осуществить такое описание невозможно ввиду неполноты набора реально встречаемых величин. Эта потеря связана с перемешиванием случайных величин различных наборов. Таким образом, описание реальных событий производится с учетом информационных потерь о событиях.

Если располагаемые на траектории временные события только упорядочиваются, т. е. устанавливается очередность событий, то они образуют относительную геохронологическую шкалу. Если кроме очередности событий устанавливается их масштаб и возраст (чаще всего по радиоактивным геологическим часам), то говорят, что имеется абсолютная геохронологическая шкала. Однако метризация геологического времени по данным радиоактивных часов также затруднительна, поскольку зачастую неясна принадлежность полученной цифры возраста к исследуемому геологическому событию.

Поэтому в основу современных вариантов унифицированных шкал геологического времени ложится комбинированное использование данных относительной и абсолютной геохронологии. Определять главенствующую роль какого-либо из методов геохронологии не всегда возможно, так как первая устанавливает последовательность событий, а вторая — временные интервалы.

Но и комбинированный подход к составлению унифицированной шкалы геологического времени оставляет много неясностей. Одна из них — противоречие между повышением требований к шкале как источнику сведений регионального характера, с одной стороны, и отражением в шкале самых общих событий для Земли в целом за всю ее историю — с другой. Иными словами, тенденция сделать шкалу более дробной и унифицированной одновременно пока не обрела сильных средств.

Рассмотрим расположение событий на оси времени, при котором о них можно получить максимум сведений. Назовем такое расположение информационным. Исследуются два варианта: а) когда события не пересекаются и б) когда события пересекаются так, что в каждом интервале времени обнаруживаются хотя бы два события.

а. Пусть имеется последовательность событий, расположенная на оси времени. Каждому событию ω с индивидуальным временем τ соответствует интервал времени t на временной оси T . Требуется найти такое t для ω , полагая, что длительность события τ установлена однозначно, чтобы о событии получить максимум сведений.

Возьмем отрезок времени T , разбитый на интервалы. В интервал t помещается единичное событие ω так, что $t \gg \tau$. Отрезок T разделен на n смежных интервалов t , и при $T \gg t$ имеем $nt = T$.

Длина t — произвольный отрезок, для которого следует отыскать оптимальный размер. Если за 0 принять место стыка двух временных интервалов, то вероятность того, что τ попадет в i -интервал и окажется внутри него, равна

$$W_i = \frac{t - \tau}{T}. \quad (1)$$

Для оценки оптимального размера воспользуемся уравнениями, выведенными Л. Бриллюэном в задаче о расположении со смешанными и перекрестными ссылками [1]. Для данного случая, в применении к временным интервалам, уравнение имеет вид:

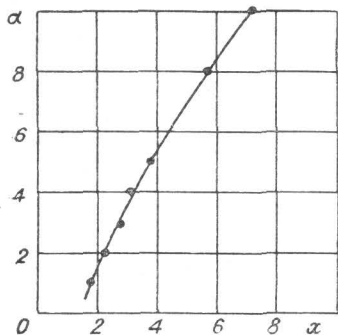
$$t = \tau \left(1 + \ln \frac{\tau T}{t(t - \tau)} \right). \quad (2)$$

Согласно этому уравнению, выводимому с учетом (1), следует, что t соизмеримо с τ . Более точное решение вскрывает зависимость t от T . Полагая, что $T = e^\alpha \tau$, где $\alpha = 1, 2, \dots, 10$, решаем уравнение (2).

$$\frac{t}{\tau} = \left(1 + \ln \frac{e^\alpha \tau}{t(t - \tau)} \right) = \left(1 - \ln \frac{e^\alpha}{\frac{t}{\tau} \left(\frac{t}{\tau} - 1 \right)} \right),$$

вводя $x = \frac{t}{\tau}$, имеем $x = \left(1 + \alpha - \ln \frac{1}{x(x-1)} \right)$, откуда $\alpha = x - 1 - \ln[x(x-1)]$.

Подставляя значение α от 1 до 10, получаем значения для x , по которым составляем график (см. рисунок). Для $\alpha > 10$ кривая имеет такой же вид.



Таким образом, информационное расположение геологических событий на оси T имеет очень растянутый вид. Например, если считать, что $T = 4,5$ млрд. лет, то интервал времени для события, по которому устанавливается силурийский период с $\tau_s = 30$ млн. лет (по шкале АН СССР, 1963), определяется в 111 млн. лет. Интервал $\tau_s = 3,7 t_s$, найденный для силура, указывает на невозможность построения информационной (в смысле оптимальности размера t и $\max J$ для τ) геологической шкалы для случая непересекающихся событий.

б. Расположение с пересекающимися событиями значит, что каждому геологическому событию присваивается такой участок на оси T , который перекрывает смежные участки. Длина интервалов для перекрывающихся событий ω будет $(2t - \tau)$. Тогда количество информации, получаемое в результате пересекающихся расположений, выра-

зится как $\ln \frac{2\tau - t}{T}$ и будет иметь максимум при

$$x = \frac{2x - 1}{2x + 1} \ln \frac{2x - 1}{2x - 1},$$

где $x = \frac{t}{\tau}$. При этом условии $\max J$ размер интервала t не зависит от T .

Сравнивая случаи «а» и «б» по количеству информации J при оптимальных размерах t имеем, что в случае расположения пересекающихся событий $\max J$ получается при условии, когда $\frac{T}{t} \gg 1,1$. При таком малом T (или большом t) задача о расположении теряет смысл.

Таким образом, одна и только одна шкала геологического времени для всей Земли не является исчерпывающе информационной. Такая шкала может отображать последовательность и интервалы самых общих, хорошо установленных геологических событий. Любая попытка отобразить в шкале (дробными единицами меры) детали, соответствующие частным геологическим событиям, сводится к сложной проблеме установления

мелких событий и определения их интервалов. Все одномерные шкалы, содержащие информацию относительно дробных событий, неизбежно должны быть локализованными во времени, т. е. каждому уровню древности геологических событий соответствует своя дробность меры единиц шкалы. Всеобщую и дробные шкалы можно построить в n -мерном пространстве, когда каждое событие перекрывает много интервалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1958.
2. Громов В. И., Вангенгейм Э. Л., Никифорова К. В. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1963.
3. Зубаков В. А., Краснов И. И. Матер. по геол. и геоморфол. СССР, нов. сер., вып. 2. Гостоптехиздат, 1959.
4. Леонов Г. П. Вестник МГУ, № 6, 1963.
5. Стратиграфические и геохронологические подразделения. Тр. ВСЕГЕИ. Госгеолтехиздат, 1963.

*Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения АН СССР,
Новосибирск*

*Статья поступила в редакцию
22 марта 1965 г.*