

Глава 5. ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

... я тихо выпал из пространства,
обозначенного временем и расстоянием.

Кэндзабуро Оэ

5.1. Пространственно-временной изоморфизм

Основные понятия

1. **Стратиграфическое расчленение** (**Stratum** – слой) – послойное расчленение разреза.
2. **Ископаемая фауна** – комплекс остатков ископаемых животных, заключенных в образце горной породы или собранных в определенном обнажении, слое осадочных пород.
3. **Ископаемая флора** – комплекс остатков растительности в ископаемом состоянии.
4. **Руководящая фауна и флора (руководящие ископаемые)** – остатки ископаемых животных и растений, которые имеют ограниченное вертикальное и широкое горизонтальное распространение. Руководящим может быть вид, род и даже семейство.

Общая идея

Геология всё ещё видит окружающий человека мир трехмерным, находясь тем самым, по выражению К. И. Валькова (1984 г.), в *области научных суеверий*. Однако, пытаясь сравнить между собой трехмерные объекты, пытаясь воссоздать единую их структуру в рамках трёхмерной планеты, геолог вынужден эти объекты мысленно совмещать, чтобы установить их сходство или различие. А такое совмещение возможно только при условии, что объект будет вынесен за пределы трехмерного пространства.

Таким образом, в своей работе геолог *вынужден использовать четырёхмерный мир, т. е. еще одну пространственную координату*. И роль такой координаты для него выполняет *геохронологическая шкала*. Заметим, однако, что до сих пор операции взаимосвязи пространственной и временной шкал совершаются почти интуитивно. За ними не стоит никакой физической базы и даже их логические основания весьма смутны. В частности, не ясно, как связана геохронологическая шкала с координатами трехмерного пространства и вообще существует ли реально такая связь, как следует соотносить начала этих шкал, одномерна ли шкала времени и т. д.

Геология (и геофизика) сформировалась на классических представлениях о категориях пространства-времени, т. е. на тех, что

были заложены еще эллинами и оформлены И. Ньютоном. Согласно этим представлениям во всех инерциальных системах отсчёта пространство является однородным и изотропным, а время — однородным. Причем и то и другое – абсолютны, т. е. независимы не только друг от друга, но и от чего бы то ни было.

«Абсолютное, истинное математическое время само по себе и по своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью... Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным» [И. Ньютон].

Пространственно-временное тождество Н. Стенона

В середине XVIII века Н. Стенон сформулировал главный принцип *стратиграфического расчленения*.

выше/ниже $\equiv$ позже/раньше,

Это тождество легло в основу современной *стратиграфии, геохронологии и картирования*. Смысл его достаточно прост. Если в геологическом разрезе вы наблюдаете чередование слоёв и уверены, что они каким-то образом не были перевернуты и смещены, а залегают, как принято говорить в геологии, нормально, то можно утверждать, что каждый нижний слой образовался раньше верхнего (рис.5.1). Принцип Н.Стенона декларирует пространственно-временной *изоморфизм, т.е. правомерность подмены временных и пространственных терминов*.

Представьте себе, что в слое известняков, показанных на рис.5.1, обнаружены окаменелые остатки раковин морских моллюсков, которые не встречены ни в нижних слоях (глинах и песчаниках), ни в верхнем слое песка и гальки. Пусть мощность глин, т.е. расстояние от их подошвы до кровли, равно 3 м. Тогда на вопрос, сколько жили обнаруженные морские моллюски, можно ответить, что *они жили 3 м*. На вопрос, когда они здесь появились, ответ будет такой:

они появились после того, как в этом бассейне отложился слой песков и песчаников и до того как возник слой известняков.

В соответствии с принципом Н.Стенона привычные временные категории заменяются пространственными или событийными.

На этом построены все геологические реконструкции. Различные разрезы, даже находящиеся на разных континентах, сравниваются между собой по *событиям-меткам*, точнее по следам одинаковых событий, называемых руководящими.

В геологии построены специальные опорные разрезы, выполняющие роль эталонов и позволяющие воссоздавать геологическую историю отдельных регионов и Земли в целом. Но эта история «нанизана» на временную шкалу последовательности событий. В обычном понимании времени, как протяженности, геологические шкалы можно назвать *псевдовременными*. Ведь совпадение событий не гарантирует их одновременности. Скажем, на разных территориях в каких-то слоях зафиксировано исчезновение одних и тех же форм фауны и появление других, но тоже одинаковых для этих разных территорий. События – одинаковые, одни и те же. Но у нас нет никаких гарантий, что произошли они одновременно. *Одинаковость событий не означает их совпадения во времени.*

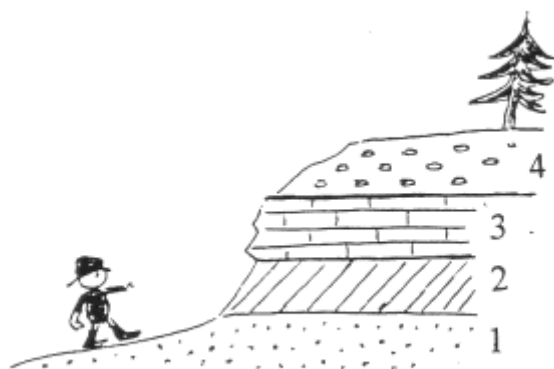


Рис. 5.1. Схема обнажения горных пород.

1 – пески и песчаники; 2 – глины; 3 – известняки; 4 – галька с песком. Вначале возник слой 1, далее на нём – слой 2, потом – 3 и, наконец, – слой 4.

Общий вывод:

- можно констатировать, что события-часы пишут свой циферблат в пространстве;
- время как бы «вмораживается» в него, материализуясь в горных породах, минералах, остатках животных и растений, в древних храмах, городах и т.п.;
- становясь прошлым, события-часы останавливаются, перестают «тикать».

5.2. Относительная геохронология

Основные понятия

1. **Принцип суперпозиции** – (*супер* – приставка, означающая находящиеся на поверхности чего-нибудь, или идущий вслед за чем-нибудь) в геологии принцип суперпозиции означает, что каждый последующий

слой отлагался на предыдущем, а значит, является по отношению к нему более молодым.

2. **Таксон** (порядок, ряд) – группа объектов любого иерархического уровня, выделяемая на основе некоторых заданных критериев (например, – тип, класс, род, вид и другие).
3. **Шкала стратиграфическая** – показывает последовательность и соподчиненность *стратиграфических подразделений* осадочных, вулканогенных и метаморфических образований, слагающих земную кору и отражающих пройденные Землей или участками земной коры этапы исторического развития.
4. **Стратиграфические подразделения** – отложения (слои горных пород), выделяемые по совокупности преимущественно органических и неорганических особенностей, занимающие определенное положение в общей последовательности напластований геологических образований, слагающих земную кору и имеющие относительно *изохронные* границы.
5. **Изохронность границ** – одновременность границ
6. **Шкала стратиграфическая общая (планетарная)** – шкала, объединяющая все стратиграфические единицы, которые постоянно (в течение всех времен) являются общими для Земли или, по крайней мере, для большинства современных континентов. Критериями служат явления периодичности и необратимости развития земной коры и органического мира, запечатленные в горных породах.
7. **Шкала геохронологическая (геоисторическая)** – шкала относительного геологического времени, показывающая последовательность и соподчиненность основных этапов геологического развития Земли и развития жизни на ней. Является результатом анализа и синтеза всех данных стратиграфической шкалы и отражает естественные этапы в истории развития Земли в восходящем порядке. К этой шкале относятся эры, периоды, эпохи, века, время (фазы).

Общие положения

В основе относительной геохронологической шкалы лежит первая часть тождества Н. Стенона, развитая в работах английского геодезиста и геолога У. Смита (1769–1839 гг.) как принцип суперпозиции. Эта идея определила для трехмерного пространства, занимаемого геологическими телами, положение общепринятой стрелы времени, совместив ее с координатой Z , направленной по радиусу Земли к центру. При этом, если поверхность Земли в какой-либо точке принять за нуль временной шкалы, т.е. за настоящее, то в направлении к центру Земли стрела времени будет повернута в прошлое, а по радиусу от центра – из прошлого в будущее. В дальнейших наших построениях *положение нуля как настоящего, разделяющего прошлое и будущее, и направление вектора времени окажется принципиальным*. Пока лишь заметим, что в геологии все стратиграфические описания разрезов принято производить снизу вверх, имея в виду *общую концепцию* о единой и необратимой стреле времени из прошлого в будущее.

Стратиграфическая шкала – *это шкала событийная*, но построена она на *событиях уникальных*. Это означает, что шкала времени, которую она олицетворяет через тождество Н. Стенона, принципиально ничего общего не имеет с *обычной шкалой физического времени, основанной на таких повторяющихся и периодических событиях, как вращение Земли, движение ее вокруг Солнца, как ход маятника и т. д.* Это шкала, в которой время не имеет размерности и числового выражения, это шкала *последовательности событий, сменяющих друг друга в направлении от прошлого к будущему.*

Поэтому хронология, которую эта шкала фиксирует через некоторые событийные датировки, по существу, является условной, поскольку геология не располагает никакими гарантиями, что одни и те же *события-даты*, устанавливаемые в разных разрезах, являются одновременными на обычной шкале физического времени.

Известно, что на протяжении геологической истории происходило развитие животного и растительного мира. Этот факт позволяет декларировать пространственно-временную связь между ходом развития живой и неживой материи. По существу, речь идет о *постулировании идеи, что процессы биологические, физические и химические как различные часы имеют одинаковый ход.* К этому вопросу мы еще вернемся, а теперь настало время привести и кратко прокомментировать стратиграфическую и связываемую с ней геохронологическую шкалы (табл. 5.1), которые приводятся здесь в планетарном, или, как иначе говорят, международном масштабе (МСШ – международная стратиграфическая шкала).

Стратиграфическая и геохронологическая шкалы (МСШ)

В шапке таблицы вначале даны стратиграфические названия; эонотема, эратема, система, отдел, а ниже в скобках названия соответствующих им элементов геохронологической шкалы. В региональных (РСШ) и местных шкалах используют и более дробное расчленение: ярус, подъярус, пачка, слои и т. д. Теперь дадим некоторые комментарии о названиях.

1. *Эон* – длительный промежуток времени (от греч. αἰών – век, эпоха), объединяющий несколько эр.
2. *Эонотема* – биостратиграфический эквивалент толщи пород (литомы), образующей некий структурный этаж. В современной геологии широко используются термины «*фанерозой*» и «*криптозой*», обозначающие два очень длительных временных интервала в геологической истории Земли. Первый переводится как «*явная жизнь*», второй – «*скрытая жизнь*» (выделены в 1930 г.). *Фанерозой* отождествляется с *эоном*.
3. KZ – кайнозойская эра (эра новой жизни).

4. MZ – мезозойская эра (эра средней жизни).
5. PZ – палеозойская эра (эра древней жизни).
6. PR – протерозойский эон (первичная жизнь).
7. AR – архейский эон (древнейшая жизнь).

Стратиграфическим синонимом эратемы является понятие группы. Например, чаще говорят – мезозойская группа отложений.

8. Эратемы (группы) делятся на системы, а соответствующие им эры – на периоды. Названия систем и эр складывались исторически. Чаще всего своими корнями они привязаны к регионам, в которых соответствующие толщи пород были впервые выделены и изучены. Исключения составляют лишь самые древние отложения криптозоэ и самые молодые, относящиеся к четвертичному периоду (Q). Архейский (AR) и протерозойский (PR) эоны до сих пор ещё не имеют сложившейся и общепринятой таксономической структуры.

В табл. 5.1 протерозой (как эон) разделен на две части: нижний протерозой (PR₁) и верхний (PR₂). В верхнем выделяют эру – *рифей* (R) (по древнему названию Урала – Ripheus) и период под названием *венд* (V) – по имени древнего славянского племени «венды», или «венеды».

9. Є – кембрийская система (по древнему названию провинции Уэльс в Англии – Cambria).
10. O, S – ордовикская и силурийская системы (по названию древнеуэльских племен — «ордовиков» и «силуров»).
11. D – девонская система (по названию графства Девоншир в Англии).
12. C – каменноугольная система (по широкому развитию в этих отложениях залежей каменного угля).
13. P – пермская система (по названию Пермской губернии в России).
14. T – триасовая система (по делению системы на три части).
15. J – юрская система (по названию Юрских гор в Швейцарии и Франции).
16. K – меловая система (по широкому развитию в отложениях этой системы писчего мела).
17. □ – палеогеновая система (древнее происхождение – нижняя, наиболее древняя часть кайнозойской группы).
18. N – неогеновая система (новое происхождение).
19. Q – четвертичная система, именуемая иногда антропогеном A_p (периодом появления человека) – название предложено академиком А. П. Павловым в 1922 г.
20. Большинство систем делятся на три отдела, называемых нижним, средним и верхним. Например, C₁ – нижний отдел каменноугольной системы. Соответствующие им эпохи называют ранними, средними и поздними. Например, C₁ – раннекаменноугольная эпоха. Если отдела не три, а два, то они называются соответственно нижним и верхним отделами с временными эквивалентами – ранняя и поздняя эпохи.
21. Стратиграфические и геохронологические таксоны кайнозойской группы

и эры имеют, кроме того, и специальные названия: $\square_1$ – палеоцен, $\square_2$ – эоцен, $\square_3$ – олигоцен; N_1 — миоцен, N_2 — плиоцен; Q_I , Q_{II} , Q_{III} – эпохи ранне-, средне- и позднечетвертичная вместе называют еще плейстоценом, а Q_{IV} – голоценом. Таким образом, можно говорить, что четвертичный период делится на плейстоцен и голоцен. Специальные названия имеют и отделы некоторых других систем, но в последние годы ими довольно редко пользуются.

Стратиграфические и соответственно геохронологические шкалы являются классификационной и метрической базой геологии. Однако эта база постоянно развивается и совершенствуется. Так, ранние классификации содержали три основных подразделения: первичную, вторичную и третичную эры, значительно позже к ним по аналогии прибавилась четвертичная эра. Названия первичной и вторичной эр просуществовали недолго и позже трансформировались в AR, PR, PZ, MZ. Кайнозойская же эра довольно долго делилась на третичный и четвертичный периоды. Третичный обозначался Tg и состоял из двух полупериодов – Ng и Pg, отложения которых не всегда можно было выделить в соответствующих толщах третичной системы. Но с 1960 г. от этого термина геология отказалась.

Произошли и другие изменения: бывший нижний отдел силурийской системы выделился в самостоятельную ордовикскую систему, поменялись многие индексы, например, Ng на N, Pg на $\square$, Cg на K, Cm на E и т. д., особенно в региональных и местных шкалах на уровне ярусов, подъярусов, пачек, слоев и др.

Приведенная шкала имеет статус международной, однако даже в этом ранге у нее есть варианты. Вместо каменноугольного периода в европейской шкале, в США выделяют два периода: миссисипский, следующий за девонским, и пенсильванский, предшествующий пермскому.

Каждая эра, период, эпоха и так далее характеризуются своим набором живших организмов, эволюцию которых многие геологи считают одним из критериев построения стратиграфической шкалы и относительной геохронологии.*

Здесь мы вновь возвращаемся к принципам проведения стратиграфических границ, среди которых особое место занимает вопрос об их естественности. Подробно с этим важнейшим вопросом можно познакомиться, обратившись к работам С. А. Мороза и В. И. Оноприенко, а также других авторов, особенно С. В. Мейена и В. Л. Егояна. Корни её находятся в общефизической проблеме устойчивости и изменчивости, в принципах дискретного и непрерывного. Не обсуждая здесь разнообразие подходов, можно

* Правильнее, вероятно, считать, что теория эволюции в значительной мере выросла на базе стратиграфии и стала ее объяснением, так как первая стратиграфическая схема У. Смита оформилась в 1799 г., т. е. за десять лет до рождения Ч. Дарвина.

Таблица 5.1

**Стратиграфическая и геохронологическая
шкалы с датировками в астрономической шкале**

Эонотема (зон)**	Эратема (эра)	Система (период)	Отдел (эпоха)	Возраст (начало эпох), млн. лет*
Фанерозой	KZ	Q	Q _{IV}	1 –2
			Q _{III}	
			Q _{II}	
			Q _I	
		N	N ₃	5
			N ₁	24
		P	P ₃	36
			P ₂	55
			P ₁	62
	MZ	K	K ₂	96
			K ₁	138
		J	J ₃	166
			J ₂	184
			J ₁	209
		T	T ₃	231
			T ₂	240
			T ₁	246
	PZ	P	P ₂	257
			P ₁	287
		C	C ₃	301
			C ₂	317
			C ₁	354
		D	D ₃	371
			D ₂	381
			D ₁	410
		S	S ₂	419
			S ₁	438
		O	O ₃	450
			O ₂	474
			O ₁	504
		Є	Є ₃	518
			Є ₂	542
			Є ₁	571
PR	PR ₂	R	V	680±50
	PR ₁			1600±50
AR	AR ₂			2600±100
	AR ₁			~≥ 3600

*Начала эпох округлены до целых чисел и от N₂ до PR даны по работе [Афанасьев, 1987]. Для криптозоя – по работе [Горшков, Якушева, 1973].

**AR+PR – криптозой (или докембрий).

сказать, что под *естественностью стратиграфических шкал* понимается *корреляция палеонтологических, литологических, тектонических и других признаков, характеризующих разрезы и регионы*. Иными словами, речь идёт о том, что, например, в масштабе МСШ тектонические перестройки охватывали всю планету, они сопровождались перераспределением суши и моря, изменением климата и приводили к изменениям ландшафтным, а те в свою очередь повлияли на состав осадков и характер фауны и флоры. В отдельных регионах изменения происходили на фоне общепланетарных катаклизмов, и потому корреляции событий там более сложны и запутаны. Однако, если принимается концепция естественности шкал, мы вынуждены эту запутанность рассматривать как различного рода флуктуации, вводить большое число допущений, сильно упрощать и сглаживать частные различия. Из всего этого возникает задача поисков (открытия) неких *естественных эталонов как стратиграфического, так и геохронологического толка*, появляется необходимость определения таких эталонов и т. д. Но все это, хотя и принципиальные, но все-таки как бы технологические трудности, они вторичны и вытекают из идеологии естественности шкал, т. е. из принятия *существования природной дискретности разных порядков*, дискретности, которую человек лишь обнаруживает. Сама же дискретность задана как природная объективная закономерность.

Как *альтернатива природной дискретности*, а значит, и естественности стратиграфической и геохронологической шкал, существует *концепция их устойчивости*, основанная на эволюционных идеях чистого дарвинизма, одно из главных положений которого гласит – «природа не делает скачков и перерывов». При такой позиции таксономические категории стратиграфии и относительной геохронологии могут быть только *искусственными*, создаваемыми по критериям удобства изучения. *Утверждение искусственности шкал привело к «принципу приоритета»*, в соответствии с которым прав тот, кто первый опубликовал свою стратиграфическую схему. В настоящее время этот принцип трансформировался в «*концепцию стратотипа*» – *типового разреза*.

Эта концепция, по существу, разрешает любой произвольно выбранный разрез рассматривать в качестве *овеществлённого многопараметрического эталона геологического пространства-времени*. Иначе говоря, эталон утверждается как некая случайная мера. Такая позиция вполне правомерна, если опирается на идеологию детерминизма, исключаящую всякую устойчивость. В последние годы в геологии происходит возрождение идей

катастрофизма в виде так называемой «этапной» парадигмы, на основе которой концепция естественности стратиграфической и относительной геохронологической шкал получает новое развитие.

Общий вывод:

в основе относительной геохронологии лежит принцип суперпозиции, оформленный Н. Стеноном в виде тождества, определяющего изоморфизм пространства и времени.

5.3. Абсолютная геохронологическая шкала

Основные понятия

- 1. Возраст геологический абсолютный** – время, протекшее от какого-либо геологического события до современной эпохи, исчисляемый в миллионах и тысячах лет.

Общие положения

В абсолютной геохронологической шкале время измеряется в физических единицах, но обычно не в единицах стандартной размерности, секундах, а в годах, тысячах и миллионах лет. Поэтому абсолютную геохронологию правильнее было бы называть астрономической, так как её шкала непосредственно опирается на такое периодическое явление, как обращение Земли вокруг Солнца. Эта шкала дает не последовательность событий, а либо их временной интервал, либо *возраст, отсчитываемый от настоящего*, т. е. от момента оценки расчётных параметров. Другого нуля, такого, например, как основание Рима, рождение Христова и т. п., здесь нет. Разумеется, по возрасту геологических образований нетрудно установить и их последовательность, но это уже вторичный акт.

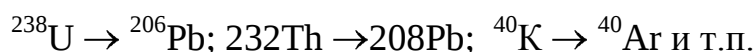
Идея, заложенная в методах оценки протяженности геологических событий и возраста пород, чрезвычайно проста и основана на знании скорости тех геологических процессов, которые принимаются за часы. Точнее же, речь идет о *предполагаемом* знании, в котором мы можем убедить себя и других. Например, измерена мощность некой осадочной толщи морских осадков m . Принимая для нее среднюю скорость осадкообразования V , равную известной средней скорости этого процесса в современном океане, легко подсчитать временную протяженность (t) формирования толщи m . Ясно, что $m(t) \neq const$, $V(t) \neq const$. Современный океан навряд ли по условиям и скоростям осадкообразования адекватен древнему морскому бассейну, к которому принадлежит толща m , и т., д. В каждом конкретном случае допущения такого рода можно

смягчить, но они неустранимы в принципе.

«Радиоактивные часы»

К настоящему времени, пожалуй, самым разработанным методом является метод «радиоактивных часов», основанный на процессе радиоактивного распада различных природных изотопов. Суть его в следующем.

1. Есть некий радиоактивный изотоп А, принимаемый за материнский элемент.
2. Выбирается в радиоактивном ряду некий изотоп В, представляющий собой один из дочерних элементов. В качестве В может быть выбран и конечный устойчивый продукт ряда (уже не распадающийся). Например, в качестве элементов А и В могут быть приняты:



3. Известно уравнение распада

$$A = A_0 e^{-\lambda t}, \quad (5.1)$$

в котором А – оставшееся в породе (наблюдаемое) количество материнского элемента на момент измерений t ; A_0 – начальное количество материнского элемента на момент времени $t = 0$; λ – постоянная распада (экспериментально установленная для всех используемых при геологических датировках изотопов).

Очевидно, что вся трудность заключается в оценке величины A_0 . Независимым от уравнения (5.1) способом она не определяется, её можно только предположить, используя те или иные аналогии. Однако вместо распадающегося изотопа появляется новый дочерний продукт В. Его количество можно измерить, и, если содержания элементов А и В выражены в атомных единицах, то очевидна другая форма записи уравнения распада

$$A = (A + B)e^{-\lambda t}, \quad (5.2)$$

из которого следует

$$e^{\lambda t} = 1 + B/A; \quad t = 1/\lambda \ln(1 + B/A) \quad (5.3)$$

Например, для ряда $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

$$t = 1/\lambda \ln(1 + ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) \quad (5.4)$$

Приведённый пример следует рассматривать как чисто иллюстративный относительно идеи. В нём всё выглядит просто:

- берут образцы пород, в них определяют содержания ^{238}U и ^{206}Pb в

- атомных единицах;
- по таблице в соответствующем справочнике находят значение постоянной распада λ , и все – возраст t известен.

Однако на самом деле во всем этом существует много неясностей, связанных с рядом принципиальных допущений.

- Элементы А и В за весь период t не должны в горную породу привноситься и из неё выноситься, т. е. горная порода как система, содержащая элементы А и В, должна быть изолирована. Речь идет о радиоактивном равновесии, для которого и написано уравнение распада (5.1).
- По существу, определяется не возраст породы, а время образования отношения А/В. То, что *это время* равно возрасту породы – лишь допущение, принимаемое как постулат. Этот постулат предполагает, что А- и В-содержащие минералы возникли одновременно с породой, а не являются *эпигенетическими* (т. е. вторичными новообразованиями) или что они не были привнесены со стороны.

Я не останавливаюсь здесь на современной технологии определения изотопов, она весьма разнообразна, имеет свою специфику, свои сложности и проблемы. Но это уже не наша область.

Общий вывод:

понятие возраста геологических объектов может быть правильно понято и использовано только тогда, когда за ним стоит четкая генетическая схема.

5.4. Магнитная геохронологическая шкала

Основные понятия

1. **Плитная тектоника** – новая глобальная тектоника, рассматривающая литосферу Земли как систему подвижных блоков (литосферных плит). См. главу 3.
2. **Минералы-магнетики** – минералы, в которых внешнее магнитное поле ориентирует магнитные моменты атомов и молекул.
3. **Стратон** – стратиграфическая единица.
4. **Ивенты** – события наименьшей протяженности, характеризующиеся сменой ориентации магнитного поля Земли.

Общая характеристика

Эта шкала появилась относительно недавно и обязана разработкам по *плитной тектонике*. В её основе лежат следующие два обстоятельства:

1. Вариации магнитного поля Земли, связанные с периодичностью смены

магнитных полюсов (см. гл. 4).

2. Существование природных минералов–магнетиков, которые при застывании магматических расплавов или в процессе раннего диагенеза первичных жидких илов, образуясь на начальной стадии этих процессов, способны ориентироваться в магнитном поле Земли и сохранять эту ориентацию как «вмороженную» информацию о магнитных меридианах своего времени.

По быстро накапливающимся осадкам установлено, что изменение знака магнитного поля Земли происходит с периодом в несколько тысяч лет. Прямое и обратное чередование намагниченности пород в различных разрезах мира позволило выделить по ним магнитные *стратоны* от эонов до так называемых *ивент* (эпизодов) (см. рис. 5.2). Один из макетов магнитостратиграфической шкалы фанерозоя был предложен советскими геологами на 27-м Международном геологическом конгрессе в Москве [1984 г.].

Общий макет геомагнитной шкалы содержит гиперзоны со следующими временными границами: 610, 535, 485, 430, 360, 295, 240, 215, 175, 110, 70 и 38 млн. лет. Средняя же продолжительность палеомагнитных стратонов в настоящее время оценивается следующими цифрами, годы: эпизоды полярности – 10^4 - 10^5 ; эпохи – 10^5 - 10^6 ; периоды – 10^6 - 10^7 ; эры – 10^7 - 10^8 .

В построении магнитной геохронологической шкалы до сих пор много неясностей. В них еще предстоит разбираться.

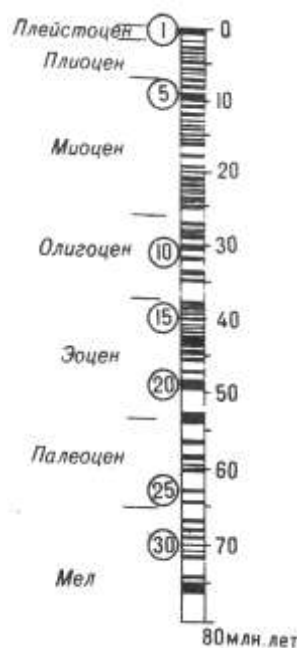


Рис. 5.2. Хронологическая геомагнитная шкала.

В кружках показаны номера магнитных аномалий. Черные линии – периоды прямой полярности геомагнитного поля.

Общий вывод:

- синтез палеомагнитных данных по различным районам мира и для разных типов пород и осадков позволил построить макет магнитостратиграфической шкалы фанерозоя;
- направления дальнейшей разработки шкалы магнитной полярности связаны с решением общих проблем магнитостратиграфии.

5.5. Геологические датировки подземных вод**Основные понятия**

1. **Сингенетические воды** – совместно образовавшиеся с горными породами на начальной стадии их формирования.
2. **Эпигенетические воды** – вторичные, возникшие после вмещающих их пород (противопоставляются сингенетическим).
3. **Диагенез** – ранняя стадия превращения первичного осадка в горную породу.
4. **Катагенез** – следующая после диагенеза стадия формирования горной породы (в условиях низкой температуры и давления).
5. **Седиментация** – образование всех видов осадков в природных условиях путём перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния в неподвижное.
6. **Элизионный этап** – этап выжимания седиментогенных вод из водоупорных пластов коллектора.
7. **Флексура** – коленчатый изгиб моноклинально залегающих слоёв, обычно рассматриваемый как складка с одним крылом.
8. **Диапира** – структуры протыкания (диапировые купола).

Сингенетические воды

Современные представления о формировании водоносных горизонтов изначально связаны с известной схемой А.Н. Семихатова о двух этапах гидрогеологического цикла. Первый из них сегодня определяется сложным комплексом процессов, протекающих на стадиях диагенеза и катагенеза осадков в бассейнах седиментации. Обычно он называется элизионным. В случае, когда мы сталкиваемся с подземными водами, находящимися на этом этапе формирования, мы говорим о водах сингенетических, т.е. одновозрастных вмещающим породам, и тогда нам не остаётся ничего другого, как определять их возрастную датировку в соответствии с геохронологической шкалой. При этом можно пользоваться как относительными величинами, так и абсолютными.

В качестве примера приведём разрез по Нефтегорскому

месторождению Северо-Западного Предкавказья [Тхостов, 1966] .

В структурном отношении этот район представляет собой пологую моноклираль северо-западного простирания, сложенную в основном палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Среди них выделяется олигоценовый водоносный комплекс, приуроченный к пескам и песчаникам нижнего и среднего майкопа суммарной мощностью до 600 м. Верхняя часть майкопских отложений является хорошим регионально выдержанным водоупором. Снизу майкопские водоносные горизонты ограничены глинами и мергелями эоцена (так называемые фораминиферовые слои). Всего выделяется семь водоносных горизонтов. Они вытянуты в виде узкой полосы от г. Нефтегорска на северо-запад (рис. 5.3).

Горизонты I – IV на участке г. Нефтегорска выходят на поверхность. Приведённые давления в них нарастают в сторону погружения, что позволяет область их выхода рассматривать как зону разгрузки. Очертания горизонтов весьма причудливы, и на их периферии образуются так называемые заливы, водообмен в которых практически отсутствует, и имеются скопления нефти и газа. Минерализация вод в этих горизонтах колеблется от 9 до 25 г/л. В целом горизонты имеют прямую гидрохимическую зональность.

Горизонты V – VII нигде на поверхность не выходят и связаны между собой. Соединение их с верхней серией не установлено.

Гидрогеологический анализ всего комплекса майкопских горизонтов позволяет рассматривать содержащиеся в них воды как близкие к седиментогенным. О закрытости этих горизонтов свидетельствует и сохранность нефтяных залежей литологического типа.

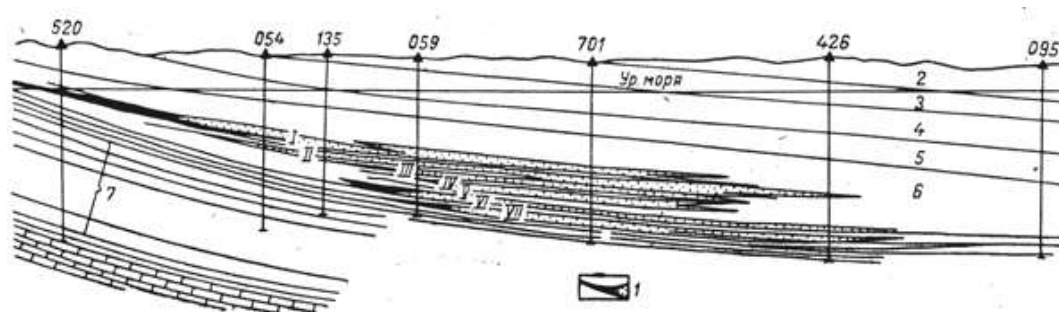


Рис. 5.3. Поперечный профиль Нефтегорского месторождения

1 – нефтяные залежи; 2 – средний сармат; 3 – нижний сармат; 4 – караган; 5 – чокрак;

6 – майкоп; 7 – фораминиферовые слои.

Таким образом, при определении возраста этих вод следует говорить, что он близок к майкопскому, т. е. заключён между нижним олигоценом и низами среднего миоцена (см. табл. 2.2). В

соответствии с геохронологическими датировками С.Л. Афанасьева этот возраст попадает в интервал 36 – 15 млн. лет (по работе: Баренбаум, 2002).

Эпигенетические воды

Подземные воды этой категории можно рассматривать как продукт смешения вод разного происхождения и делить их на две группы:

1. Воды, которые образованы в результате притока вод из других горизонтов (обычно из нижних).
2. Воды, которые формируются за счёт поступления в горизонт вод более молодых, например, метеогенного происхождения, часто современных.

В любом случае можно говорить лишь о том, что в результате смешения образуются воды нового типа и их возраст исчисляется от «момента» смешения. В зависимости от данных, которыми мы располагаем, существует два пути оценки возраста этих новых вод:

- либо на основе палеогидрогеологических построений;
- либо с помощью каких-то других «часов», позволяющих фиксировать начало смешения к моменту опробования, например, на основе так называемых «радиоактивных» часов, связанных с содержанием неустойчивых изотопов.

Оба типа оценок проиллюстрируем на конкретном примере. Но перед этим покажем, как и где такое явление как смешение вод различного происхождения может происходить.

На рисунках 5.4 и 5.5 показаны гидрохимические аномалии по солёности в подземных водах старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони, принадлежащей к бассейну р. Волхова. Они известны давно и детальное их исследование привело к пониманию того, что они формируются в результате внедрения солёных вод из подстилающих карбонатных толщ.

Породы этого комплекса представлены тонко- и мелкозернистыми песками и песчаниками с редкими включениями алевролитов и глин. Общая мощность комплекса 30–220 м. В кровле залегает карбонатно-глинистая толща верхнего девона мощностью 40–60 м, в подошве толща мергелей, известняков и песчаников наровского горизонта среднего девона. Региональными исследованиями установлено, что породы подошвы и кровли старооскольско-швентойского водоносного комплекса, являясь слабо выраженными водоносными горизонтами, одновременно служат для него относительными водоупорами. Они обеспечивают,

как правило, резкие изменения напора и состава воды в вертикальном разрезе. Воды этого комплекса высоконапорные, солоноватые и солёные, по составу хлоридные натриевые.

По мере погружения пород комплекса на юго-восток минерализация вод в нём постепенно растёт. Но на фоне такого роста чётко выделяются зоны аномально высокой минерализации – в бассейне р. Шелони, впадающей в оз. Ильмень, и в районе г. Старая Русса. Характерной особенностью этих зон является не только повышенная минерализация, но и наличие восходящих солёных источников.

Структурно–тектонические исследования позволили эти аномалии связать с существованием положительных структур флексурного типа. В крыльях этих поднятий происходит относительное повышение трещиноватости водоупорных пород наровского горизонта и карбонатно-глинистой толщи. Это обстоятельство приводит к образованию восходящих потоков и засолению вод верхних горизонтов (см. рис 5.4).

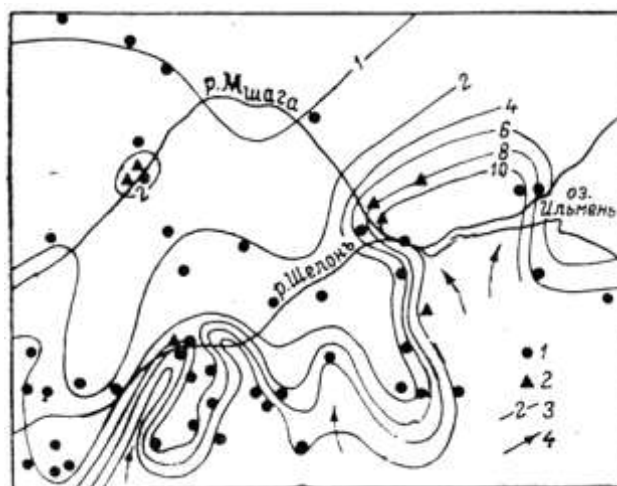


Рис. 5.4. Распределение минерализации подземных вод старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони (план)

1 – буровые скважины; 2 – источники; 3 – изолинии минерализации, г/л; 4 – направление внедрения солёных вод.

Такого рода картина является в этом регионе России довольно типичной. Сегодня принимается, что существование в пределах моноклинали разгрузки подземных вод через вышележащие водоупорные толщи, сложная гидродинамическая и гидрохимическая обстановка обусловлена взаимодействием различных водоносных горизонтов. Такая возможность связана с появлением в региональной моноκлиальной структуре локальных складок флексурного и куполообразного типов.

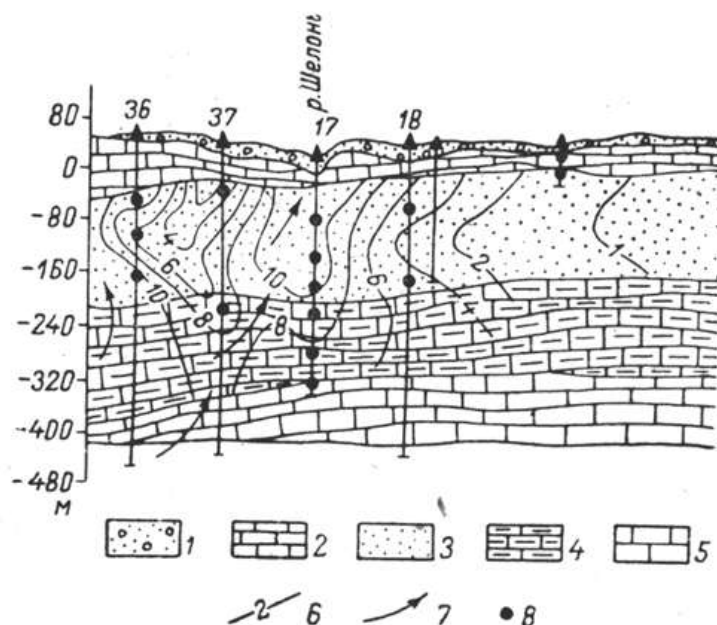


Рис. 5.5. Распределение минерализации подземных вод старооскольско-швентойского водоносного комплекса в низовьях р. Шелони (разрез).

1 – четвертичные отложения; 2 – карбонатно-глинистая толща верхнего девона; 3 – старооскольско-швентойский горизонт; 4 – наровский горизонт; 5 – карбонатная толща ордовика; 6 – изолинии минерализации, г/л; 7 – пути внедрения солёных вод; 8 – точки опробования в скважинах.

Датировки появления таких небольших структур могут быть связаны с появлением новых вод как продукта смешения вод поступающих из нижележащих горизонтов в верхний водоносный комплекс, в котором по этой причине наблюдаются в настоящее время воды с аномальными гидрохимическими характеристиками. Это чисто палеогидрогеологическая задача. Применительно к нашему примеру флексуроподобные структуры провоцирующие смешение вод, могли иметь гляциотектоническое происхождение и иметь по этой причине *верхнекайназойский возраст*.

Однако установленная таким образом дата фиксирует только «геологический момент» возможного начала появления вод нового типа. Но воды, которые сегодня разгружаются в восходящих источниках нижнего и среднего течения р. Шелони имеют уже возраст существенно более молодой, поскольку при опробовании мы получаем воду, постоянно достигающую поверхности земли и уносимую речной струёй или подземным стоком верхних горизонтов. Здесь следует уже оценивать время подъёма струй смешанной (новой) воды от нижнего продуцирующего это смешение горизонта до точки опробования. И в этом случае нужны другие методы.

Хорошие возможности для такого рода оценок появляются при обнаружении в водах источников или скважин короткоживущих радиоактивных изотопов. Очень красиво эту задачу в своё время решил Н.А. Огильви для струй кисловодского нарзана [1951].

Расчёт проводился им следующим образом.

1. Строились зависимости $Ra^{226} = \varphi(Cl)$, $ThX = f(Cl)$.
2. В силу смешанного происхождения нарзана и химической устойчивости хлор-иона в том и другом случае зависимости получались прямыми. Однако первая прямая проходила через начало координат, а вторая пересекала ось концентраций хлор-иона в точке 80 мг/л Cl, фиксируя на оси ординат потери ThX.
3. Образование дефицита ThX (Ra^{224}) можно было объяснить только радиоактивным распадом этого изотопа, имея в виду короткий период его жизни. При допущении каких-либо сорбционных или других химических и физических потерь наблюдался бы и дефицит Ra^{226} (как изотопа), но тогда первая прямая ($Ra^{226} = \varphi(Cl)$), не исходила бы из начала координат.
4. Принимая максимальное количество ThX, обнаруженное в нарзане, полученном из наиболее глубоких скважин за истинное его содержание в палеозойских породах и исходя из условий равновесия, Н.А. Огильви вычислил время возникновения дефицита ThX, равное (в соответствии с принятой моделью) времени подъёма струй минеральных вод от палеозойского фундамента. Оно оказалось равным 30 часам. Напомним, что период полураспада ThX (изотопа радия из ториевого ряда) составляет 3,64 суток.

Если считать, что смешение приводит к образованию новой воды, то можно полагать, что это время соответствует её возрасту.

На основании подобных принципов мною был выполнен подсчёт возраста мацестинских минеральных вод по MshI (рис.5.6). Интерпретация результатов этого подсчёта опиралась на идеи смешения современных морских вод Чёрного моря и глубоких вод нефтяного типа, поступающих в район месторождения из среднеюрских терригенных толщ. Такого рода генезис мог обсуждаться при принятии существования поперечных основным структурам северо-западного Кавказа крупных тектонических разломов, по многим из которых развивались современные речные долины Черноморского побережья [Куканов, 1968].

Анализ гидрохимических материалов по Хосто-Мацестинскому месторождению сероводородных вод позволил выявить интересные закономерности (рис. 5.6).

Приведённые графики показывают следующее:

- Концентрации ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, C^{2-} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , определяющих гидрохимический тип мацестинской воды, с глубиной изменяются одинаково: до 300 м наблюдается постепенное разбавление, а в интервале 300-900 м концентрации резко увеличиваются. Далее с глубиной гидрохимический режим остается более или менее постоянным.
- Поведение брома аналогично поведению главных ионов.
- Сульфатный ион даёт своеобразную кривую, показывающую довольно однородные концентрации в интервале 600-1500 м и некоторое повышение их на глубинах 1600-1800 м. Глубже 1800 м концентрация сульфат-иона резко уменьшается и стремится к нулю.
- Кривая сероводорода ведёт себя противоположно кривой сульфат-иона.
- Ход температурной кривой по характеру напоминает ход кривой сероводорода.
- Ход кривой концентрации радия по общему характеру представляет собой нечто среднее между кривыми сероводорода, температуры и главных ионов.

Концентрации радия в сероводородных водах Мацесты достигают высоких значений, аномальных для вод карбонатной толщи, даже если они относятся к водам хлор-натриевого типа. Судя по кривым сероводорода, сульфат-иона и температуры, можно предполагать наличие притока посторонних вод. С этим притоком могут быть увязаны и повышенные концентрации радия.

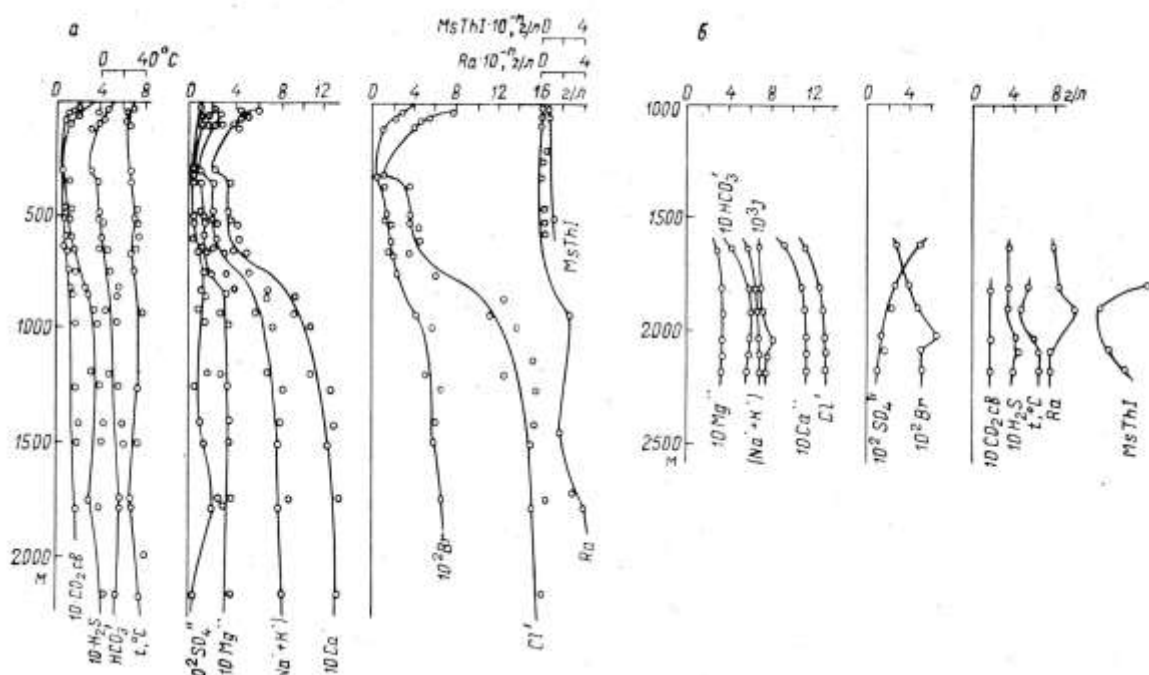


Рис.5.6. Изменение химического состава вод с глубиной в районе Мацесты (а) и Хосты (б).

Для района Хосты удалось составить графики зависимости химического состава вод от глубины только для интервала 1650-2200 м по скв. Т-1 (рис.5.6, б). Эти графики показывают следующее.

- Резкое увеличение содержания хлора, кальция и гидрокарбонат-иона на глубинах 1650-1800 м.
- Более слабое увеличение суммы щелочных ионов.
- Практически неизменными на всем интервале глубин остаются концентрации магния и свободной углекислоты.
- Резко уменьшается с глубиной концентрация сульфат-иона.
- Ход кривых концентрации радия, мезотория I, брома, йода, сероводорода и температуры характеризуется местными аномалиями.
- На глубинах 1830-2120 м отмечается довольно резкое увеличение содержания радия, максимальное значение которого соответствует глубине 1930 м.
- На том же интервале резко уменьшается содержание мезотория I, причем минимальное его значение совпадает с глубиной 1930 м, т. е. противостоит максимуму радия.
- На глубинах 1830-2120 м резко возрастают концентрации йода и брома. Максимальное их содержание соответствует глубине 2055 м.
- Для этого же интервала наблюдается резкое уменьшение температуры, минимальное значение которой отмечается на глубине 1930 м.
- Наконец, в интервале 1930-2200 м наблюдается некоторое возрастание концентрации сероводорода.

Концентрация радия в сероводородных водах Хосты находится в прямой связи с содержанием хлора, кальция, суммой щелочных металлов, сероводорода, гидрокарбонат-иона и в обратной связи с температурой и концентрацией мезотория I и сульфат-иона.

Абсолютные значения концентраций радия очень велики и могут считаться аномальными для вод карбонатной толщи, даже для вод хлор-натриевого типа.

В районе Хосты несомненно наличие струй, проявляющихся в скв. Т-1 в интервале глубин 1830-2120 м. Эти струи на указанных глубинах обогащают сероводородные воды ионами хлора, кальция, щелочными металлами, бромом, йодом, радием; они же охлаждают минеральные воды и вызывают разбавление мезотория I. С их проявлением связано резкое падение концентраций сульфат-иона. По-видимому, можно говорить о внедрении в хостинские минеральные воды ещё полностью не разрушенных вод нефтяного типа с высокой концентрацией радия и более высокой минерализацией.

Появление вод нефтяного типа объясняет поведение сульфатов, гидрокарбонатов и сероводорода. Только низкая температура при повышенной минерализации и низкие содержания мезотория I при высоких концентрациях радия, казалось бы, противоречат существованию струй вод именно нефтяного типа. Однако эти явления объясняют одно другое. Известно, что при равновесии отношения радия к урану и мезотория I к торию составляют: $Ra/U = 3,36 \cdot 10^{-7}$; $MsThI/Th = 4,74 \cdot 10^{-10}$.

Закарстованные известняки мела и верхней юры, к которым приурочены сероводородные минеральные воды, не могут быть материнскими в отношении радия. По причине их промытости равновесия радий – уран, мезоторий I – торий тоже должны быть нарушены. Радиоактивное равновесие может быть сохранено в среднеюрских терригенных толщах, залегающих на глубинах более 3000 м. Для условий равновесия в глинах известно отношение $Th/U = 3,0$. Тогда

$$Th/U = (MsThI \cdot 3,36 \cdot 10^{-7}) / (Ra \cdot 4,74 \cdot 10^{-10}) = 3,0; MsThI / Ra = 4,23 \cdot 10^{-3}$$

Принимая содержания радия в сероводородных водах Хосты и Мацесты за равновесные, можно вычислить те количества мезотория I, которые должны соответствовать равновесным количествам радия в терригенной толще:

		Глубина, м	Соотношение между расчётным и фактическим содержанием MsThI
Мацеста	скв. Т-2	457 – 500	1,06
	скв. 6	61,7	1,23
	скв. 5	50	1,92
Хоста	скв. Т-1	1827	13,5
		1930	38,0
		2120	17,1
		2226	13,3

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы.

- Фактические содержания мезотория I в водах Мацесты одного порядка с равновесными и весьма близки к ним.
- Фактические содержания мезотория I в водах Хосты на порядок ниже равновесных. Существующий дефицит мезотория I в Хосте можно объяснить только радиоактивным распадом. Предположения о сорбционных потерях будут неверны, так как мезоторий I является изотопом радия, т. е. обладает теми же свойствами, что и радий.

Тогда по уравнению распада следует записать $N/N_0 = 0,1$; $e^{-\lambda t} = 0,1$. Этому соответствует отношение $t / T = 3,2$. Период полураспада

мезотория I составляет $T = 6,7$ года. Следовательно, время распада дефицитного количества мезотория I составит $t = 21 \div 22$ года.

Таким образом, можно утверждать, что за 20–25 лет высокоминерализованные, богатые радием, с равновесным радио количеством мезотория I воды нефтяного типа продвигаются из среднеюрских терригенных толщ, богатых органическим веществом и нефтепродуктами, в более молодые верхние горизонты. По пути они охлаждаются, теряют мезоторий I в результате распада, после чего попадают в горизонты сероводородных вод района Хосты.

Выдвинутая версия позволяет взглянуть на генезис минеральных сероводородных вод Хосто-Мацестинского месторождения с точки зрения смешения вод двух типов.

Неожиданные возможности ориентировочной оценки возраста подземных вод раскрылись при моделировании теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки [Кирюхин, 2010]. При численном моделировании этого сложного процесса авторам пришлось задаваться не только геометрическими размерами области фильтрации, теплофизическими параметрами рассматриваемого массива пород, его фильтрационными свойствами и характеристиками источника теплового питания, но и **временем моделирования**.

Это время задавалось из чисто геологических построений, как время от начала последнего крупного проявления магматизма, обеспечивающего гидротермальные резервуары тепловой энергией. Начиная с наиболее реальных параметров, определяемых результатами геологических и геофизических исследований, после математического перебора вариантов авторы останавливались на одном. На том, когда смоделированное температурное поле было похоже на измеренное, а расчётный поток воды на естественную разгрузку. В целом для рассмотренных объектов датировки разогрева привязывались к **интрузиям верхнеплейстоцен-голоценового возраста**. Очевидно, что такой же возраст может быть приписан и термальным водам этих высокотемпературных гидротермальных резервуаров.

Гелий аргоновый возраст (по работе [Павлов, 2008])

Из многочисленных методов определения возраста подземных вод наиболее широко используется гелий-аргоновый, впервые предложенный В. П. Савченко [1935, 1936] и позже несколько пересмотренный А. Л. Козловым [1950]. В основу этого метода было положено вычисление скорости накопления гелия в горных породах с некоторым средним содержанием урана и тория как основных

элементов, генерирующих гелий. Расчёт производился по формуле

$$t = \text{He} / [(11 \cdot 10^{-8} \text{U} + 2,4 \cdot 10^{-8} \text{Th}) k_{\text{отд}} (1 - k_{\text{диф}}) \gamma / n], \text{ лет}, \quad (5.5)$$

где He – концентрация гелия в 1 см³ воды, см³; U и Th – содержание урана и тория в породе, г/г; k_{отд} – коэффициент отдачи гелия из пород в воду, доли ед.; k_{диф} – потери гелия из воды через подстилающие и покрывающие породы в результате диффузии, доли ед.; γ – удельный вес пород, г/см³; n – пористость пород, доли ед.; 11·10⁻⁸, 2,4·10⁻⁸ – количество гелия, образующегося из 1 г соответственно урана и тория за 1 год, см³/г.

Стремясь получить формулу наиболее простого вида и удобную для массовых вычислений, В. П. Савченко и А. Л. Козлов при расчёте величины t брали средние значения всех параметров для осадочных пород, как основных коллекторов подземных вод.

Так, А. Л. Козловым были приняты такие средние содержания радиоактивных элементов: U = 7·10⁻⁶ г/г; Th = 1,5·10⁻⁵ г/г; средняя пористость n = 0,12; средний удельный вес γ = 2,5 г/см³; k_{отд} = 0,6; k_{диф} = 0,75. Заметим, что последние две величины были выбраны довольно произвольно (без каких-либо хотя бы ориентировочных оценок). В итоге средняя годовая скорость накопления гелия в 1 см³ воды, заполняющей поры осадочных пород, оказалась равной 3,4·10⁻¹² см³.

Далее, приняв, что аргон приблизительно равномерно распределен в земной коре и его упругость в растворе равна упругости в земной атмосфере (0,0093 ат), рассчитали содержание аргона в 1 см³ подземной воды 3,9·10⁻⁴ см³ (при условии, что вода насыщается воздухом, будучи пресной, при температуре 10° С и давлении 1 ат).

В результате формула для вычисления возраста пластовых вод получила вид:

$$t = (\text{He}/\text{Ar}) \cdot (3,9 \cdot 10^{-4} / 3,4 \cdot 10^{-12}) = 115 \cdot \text{He}/\text{Ar} \text{ млн. лет}. \quad (5.6)$$

В. П. Савченко были приняты для расчёта несколько иные значения исходных параметров и соответственно получен коэффициент пропорциональности (назовем его М) не 115, а 77,1. Формулы применимы при условии полного учёта газов, растворенных в воде.

Видно, что для вычисления возраста воды t достаточно воспользоваться выражением (5.5), которое, например, по А. Л. Козлову имело бы вид

$$t = 2,94 \cdot 10^{11} \cdot \text{He} \text{ лет}. \quad (5.7)$$

Однако гелий-аргоновое отношение является более удобным, так

как содержание газов обычно измеряют в объемных процентах, которые для гелия и аргона могут значительно изменяться в зависимости от общего содержания газов в воде. Соотношение же объемных процентов будет в основном зависеть от количества гелия, поступившего в пласт в связи с радиоактивным распадом.

В отношении значений коэффициента M , полученных В. П. Савченко и А. Л. Козловым, может быть высказано несколько замечаний. Часть из них касается недоучёта некоторых процессов, от которых зависит соотношение гелия и аргона в пласте. Так, гелий генерируется не только ураном и торием, но и самарием-147. Кроме того, часть гелия может иметь атмосферное происхождение, а аргона – радиогенное. Замечания другого рода касаются расчётных параметров, выбранных как средние величины для осадочных пород в целом. Однако следует сказать, что В. П. Савченко и А. Л. Козлов пошли на такие упрощения сознательно, считая, что интересующий нас возраст подземных вод достаточно вычислить приближённо, оценивая лишь порядок величин для сравнения их с возрастом вмещающих пород.

Общим недостатком обсуждаемых методов является чрезмерная категоричность исходных положений. Целесообразно найти какие-то промежуточные принципы, которые базировались бы на средних параметрах для отдельных наиболее часто встречающихся видов пород и учитывали современные представления о формировании водонапорных систем. Иными словами, следует рассчитать не одно значение коэффициента M , а несколько для наиболее типичных условий. При этом в схему расчёта необходимо внести некоторую корректуру. Вместо удельного веса породы γ правильнее использовать объёмный вес скелета δ_c и принять новые значения интенсивностей гелиообразования 1 г урана ($U^{238} + U^{235}$) – $12 \cdot 10^{-8}$ см³/г и 1 г тория Th^{232} – $2,7 \cdot 10^{-8}$ см³/г. (Якуцени, 1968). Образование гелия за счёт самария-147, по-видимому, можно не учитывать ввиду его малой генерирующей активности и очень низких содержаний в горных породах. В результате формула может быть записана в несколько ином виде:

$$t = He / [(12 \cdot 10^{-8}U + 2,7 \cdot 10^{-8}Th) k_{отд}(1 - k_{диф})\delta_c/n], \text{ лет} \quad (5.8)$$

Допущение В. П. Савченко и А. Л. Козлова, что гелий в пластовых водах имеет только радиогенное происхождение, по-видимому, полезно сохранить, поскольку на точность расчётов оно вряд ли окажет серьезное влияние, так как содержание в воздухе аргона почти в 2000 раз превосходит содержание гелия.

В горных породах с обычным содержанием урана, тория и калия

отношение концентрации гелия и радиоактивного аргона $Ar_{\text{рад}}$ при обычных коэффициентах их диффузии – величина более или менее постоянная (Герлинг, 1969):

$$He/Ar_{\text{рад}} = 10 \pm 5 \quad (5.9)$$

Принимая во внимание это отношение, измеряемую в подземных водах концентрацию аргона можно выразить так:

$$Ar = 0,1He + Ar_{\text{возд}}, \quad (5.10)$$

где $Ar_{\text{возд}}$ — содержание в воде аргона воздушного происхождения.

У В. П. Савченко и А. Л. Козлова величина $Ar_{\text{возд}}$ рассчитывалась на основании схемы проникновения метеорных вод в глубокие горизонты земной коры. В настоящее время взгляд на генезис подземных вод зоны затруднённого и весьма затруднённого водообмена существенно изменился. Большинство исследователей считают, что основная масса подземных вод глубоких горизонтов (возраст которых обычно определяется гелий-аргоновым методом) имеет седиментогенное происхождение и относится к талласогенному (океаническому) типу. Метеогенные же воды на этих глубинах обычно могут находиться в смеси с седиментогенным. По-видимому, расчёт величины $Ar_{\text{возд}}$ следует делать не для пресных вод, а для вод морского типа. Для этого воспользуемся растворимостью аргона в растворе хлористого натрия с концентрацией 1 г-экв при 10° С и давлением 1 ат ($29,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3/\text{см}^3$) (Якуцени, 1968)* и парциальным давлением аргона в воздухе ($0,0093 \text{ ат}$)¹:

$$Ar_{\text{возд}} = 0,0093 \cdot 29,8 \cdot 10^{-3} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{см}^3.$$

Тогда формула (5.10) примет вид

$$Ar = 0,1He + 2,8 \cdot 10^{-4} \quad (5.11)$$

Из формулы (5.5) следует, что

$$He = He_{t-1}t. \quad (5.12)$$

С учетом выражений (5.11) и (5.12) можно записать

*В последние годы установлено широкое развитие более крепких седиментогенных рассолов. Для них величина $Ar_{\text{возд}}$ будет иметь иные в зависимости от минерализации значения (вплоть до $0,6 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3/\text{см}^3$).

$$\text{He}/\text{Ar} = \text{He}_{t-1}t/(0,1\text{He}+2,8\cdot 10^{-4}); \quad (5.13)$$

$$t = [(0,1\text{He}+2,8\cdot 10^{-4})/\text{He}_{t-1}] \cdot \text{He}/\text{Ar} \quad (5.14)$$

Величина He_{t-1} вычисляется по формуле (5.8) для основных видов изверженных, осадочных и метаморфических пород, расчётные параметры для которых можно найти в различных литературных источниках. Значения коэффициентов $k_{\text{отд}}$ и $k_{\text{диф}}$ при этом выбираются на основании материалов по геохимии гелия, например, приведенных у В. П. Якуцени (1968).

Известно, что на отдачу гелия породами оказывает влияние множество факторов: *состояние кристаллической решетки генерирующего гелий минерала, характер локализации в минерале радиоактивных элементов, наличие вторичных изменений в структуре кристалла, механические и химические воздействия на минерал и т. д.*

Теоретические и экспериментальные исследования показали, что основные породообразующие минералы плохо удерживают гелий. Потери гелия в них составляют 70 – 80% и более. Установлено, что среднее медианное (из распределения) значение потерь гелия составляет $80 \pm 20\%$.

Степень сохранности гелия существенным образом зависит от возраста минералов. Чем больше возраст минерала, тем меньше сохранилось в нём радиогенного гелия. Возраст как бы интегрирует воздействие всех остальных условий в сторону увеличения отдачи гелия минералами. Н. Б. Кивел (Якуцени, 1968) на примере диабазов и базальтов показал, что сохранность гелия в образцах, датированных миоценом, составляет 60, датированных триасом – 45, докембрием – 34%. При выборе расчётных значений коэффициента $k_{\text{отд}}$ это положение нельзя не учитывать. Если приведенные цифры рассматривать как характерные соотношения в изменении отдачи гелия породами, то, по-видимому, можно считать, что $k_{\text{отд}}$ в пределах 0,6-1,0 ($k_{\text{отд}} = 80 \pm 20\%$) распределяется для отдельных геохронологических групп пород в пропорции $\text{Kz}:\text{Mz}:(\text{Pz}+\text{докембрий}) = 40:55:65 = 1:1,375:1,62$, т. е. $k_{\text{отд}}$ для пород Kz равен 0,6, Mz – 0,825, Pz (докембрий) – 0,975.

Диффузионные потери гелия с достаточной точностью можно оценить по составляющим его баланса для Земли (Якуцени, 1968). Общее количество образующегося на Земле гелия практически соответствует его возникновению за счет α -распада радиоактивных элементов в её недрах и составляет $2,94 \cdot 10^{13}$ см³/год. Количество гелия, диссипирующее в космос из экзосферы, равно $0,32 \cdot 10^{13}$ см³/год. Тогда потери гелия можно оценить как $k_{\pi} =$

$(0,32 \cdot 10^{13}) / (2,94 \cdot 10^{13}) \approx 0,11$. Однако эти 11% относятся ко всему образующемуся гелию, нас же интересуют потери только той его части, которая покинула материнские минералы и попала в поры породы. Очевидно, что при известных величинах $k_{отд}$ и $k_{п}$ такой расчет сделать несложно:

$$\begin{aligned} k_{диф}^{Kz} &= k_{п} / k_{отд}^{Kz} = 0,183; \\ k_{диф}^{Mz} &= k_{п} / k_{отд}^{Mz} = 0,133; \\ k_{диф}^{Pz(докембрий)} &= k_{п} / k_{отд}^{Pz(докембрий)} = 0,113. \end{aligned}$$

Основные параметры для вычисления величины He_{t-1} , полученные её значения и окончательный вид формулы (5.14) приведены в работе А.Н. Павлова [2008]. Они основаны на тех же принципах, что и формулы В.П. Савченко и А.Л. Козлова. Это обстоятельство позволяет использовать уже существующие многочисленные данные по содержанию гелия и аргона в водах без каких-либо дополнительных полевых и лабораторных работ

Новые расчётные формулы достаточно удобны. Если фактический материал позволяет вычислить содержание гелия в кубических сантиметрах на 1 см^3 воды или известно содержание радиогенного аргона, то каждую формулу следует использовать в заданном виде (понимая, что $0,1He \approx Ar_{рад}$). Если же содержание гелия и аргона получено только в объёмных процентах, то расчётные формулы могут быть использованы в упрощенном виде (например, для кислых пород $Kz \cdot t \approx 2,26 \cdot 10^6 He/Ar$), разумеется, с одновременным понижением точности, так как в этом случае принимается, что $Ar_{рад} \approx 0$.

5.6. Прошлое, настоящее и будущее

Основные понятия

1. **grad** – математический символ, обозначающий градиент скалярного поля.
2. **Математическая точка** – абстрактное понятие; то, что неделимо и не имеет линейных размеров.
3. **Частная производная** – см. курс математики.
4. **Интегральные следствия** – результат интегрирования.
5. **Жизнь** – ... Борис Викторович, ... Все можно допустить, как существующее: космос, Солнце, Землю, даже воздух и воду, – всю так называемую «неживую природу» ... но – Жизнь!? Не то, что на других планетах ... самое Жизнь! Она же в принципе невозможна! Невозможна как допущение ... Творец более возможен. Вы меня понимаете? Академик выдержал паузу, по-видимому, подыскивая ответ поточнее, и, наконец, сказал: «Вы правы». И всё, он не стал уточнять. ... Мне стало

легче. (Из разговора А. Битова с академиком Б.В. Раушенбахом).

6. **Смерть** – овестьественная жизнь (в смысловом понятии прошлого, рассматриваемом в этом разделе).

Общая постановка вопроса

В предыдущих разделах мы пришли к очень важным выводам:

1. В геологии всякие датировки неотделимы от событий.
2. Евклидово пространство, которое использует геология, и шкала геологического времени не являются абсолютными.
3. Нельзя измерить ход часов без измерения пространства.

Наши временные представления складываются из *понятий прошлого, настоящего и будущего*. И от того, каким образом мы эти понятия оформляем и связываем, зависит наш подход к решению теоретических и, в конечном счете, прикладных задач.

В основе всех этих измерений лежит понятие времени. Одно из известных мне определений звучит приблизительно так:

время – это то, что меняется, когда уже не меняется ничего.

Нетрудно понять, что по этому определению время и процессы разделены. Они как бы сами по себе. Время рассматривается как длительность, каким-то образом вмещающая процессы, которые на этой длительности сохраняют свои метки.

Такое понимание времени соответствует базовым представлениям классической физики И.Ньютона, опирающейся на геометрию Евклида, т.е. на представления об инерциальных системах (см. курс физики). В соответствии с ними пространство является однородным и изотропным, а время – однородным. Причем, и то и другое – абсолютны, т.е. независимы не только друг от друга, но и от чего бы то ни было.

Связь времени с пространством была научно оформлена лишь в начале XX-го века. Теория относительности, используя четырёхмерный мир Германа Минковского, стала рассматривать пространство и время в форме связанного многообразия, событие в котором определяется как точка.

Г. Минковский первый понял, что чувственно воспринимаемое пространство Евклида может рассматриваться как форма проявления геометрических свойств реального мирового пространства.

Заметим, что в четырёхмерном мире Г. Минковского могут наблюдаться только события уже совершившиеся, т.е. только прошлое. Информация же о будущем отсутствует, ибо нечего видеть там, где ещё ничего не произошло, где точки-события ещё не сформировались.

Закрытость будущего для наблюдателя выглядит вполне естественной. Эту естественность прекрасно сформулировал Л.Н.Гумилев (1990 г.):

... настоящее только момент, мгновенно становящийся прошлым. Будущего нет, ибо не совершены поступки, определяющие те или иные последствия, и неизвестно – будут ли они совершены. Грядущее можно рассчитать только статистически, с допуском, лишаящим расчёты практической ценности. А прошлое существует; и все, что существует – прошлое, так как любое совершение тут же становится прошлым. Вот почему наука история изучает единственную реальность, существующую вне нас и помимо нас.

Получается, что прошлое – это время, связанное с пространством. Можно предположить, что оно имеет градиентную размерность, фиксируя то, что можно назвать временной напряжённостью. Обозначим её через E_t . По-существу, такая напряжённость и есть циферблат (с/м):

$$E_t = grad\ t \quad (5.15).$$

В соответствии с основными понятиями теории поля (см. гл. 4, раздел 4.1) напряженность – это сила воздействующая на источник. Она направлена по этой силе и является величиной векторной. Напомним, что если эта сила действует по радиусу от источника, напряженность считается положительной, если по радиусу к источнику – отрицательной.

В нашем случае «остановившееся» время t выполняет функции потенциала поля.

Величина $grad\ t$ показывает ту «силу», с которой

пространство поглощало время.

Она направлена по радиусу к источнику времени и потому является величиной отрицательной (см. рис. 5.7).

Следуя базовым представлениям теории поля, мы можем записать:

$$\tau = -D\ grad\ t \quad (5.16)$$

В этой фундаментальной формуле τ – время без пространства («поток» времени из будущего, с); D – пространство без времени – настоящее (м); $grad\ t$ – прошлое (с/м).

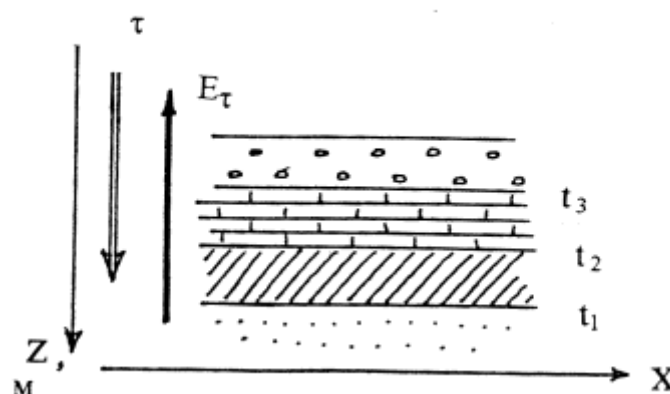


Рис. 5.7. Схема взаимоотношения прошлого и будущего.

Z – глубина слоев; $t_1, 2, 3$ – датировки подошвы каждого слоя. По Н. Стенону $t_1 < t_2 < t_3$, если даты отсчитываются снизу вверх, т.е. по порядку напластования.

$E_\tau = -\text{grad } t$. Например, $E_{1-2} = (t_1 - t_2) / \Delta Z_{1-2}$;

τ – «поток» времени из будущего.

Таким образом, приходим к совершенно необычной схеме:

1. Время без пространства неосознано, оно находится вне сферы чувственного восприятия и принадлежит будущему. Это и есть некое дление. Дление вне нас, в запредельном.
2. Пространство осязаемо, мы чувственно воспринимаем его в рамках геометрии Евклида, мы его часть.
3. Время становится осязаемым только в пространстве. Пространство связывает время и останавливает его ход. От этого взаимодействия остаются различные события-метки (следы событий), которые формируют различные событийные шкалы, иначе – циферблаты.

В такой постановке становится понятной мгновенность настоящего, скрытость будущего и реальность прошлого. Заметим, что в нашей схеме

стрела времени направлена из будущего в прошлое.

Похоже, что древние греки ещё воспринимали именно такую картину прошлого, настоящего и будущего. Во всяком случае, в их мифах могучий и коварный Крон, представляя всепоглощающее время (хронос – время; Крон – дитя Земли; у римлян Крон назывался Сатурном), пожирал своих детей. А ведь дети и есть будущее. Позже эта несколько запутанная идея потерялась, поскольку будущее воспринималось как цель, к которой движется всё. Время стало осознаваться как стрела, направленная из прошлого.

Я думаю, что это заблуждение теперь пора исправить.

*Из прошлого направлен вектор временной
напряжённости пространства,*

который показывает его «аппетит» к пожиранию времени, к превращению потенциальных возможностей будущего в реальность прошлого, «аппетит», без которого невозможны процессы и события.

Выражение (5.16) – это дифференциальное уравнение в частных производных, в котором

$$\text{grad } t = \partial/\partial x + \partial/\partial y + \partial/\partial z$$

Формально оно имеет смысл только для математической точки. Именно это обстоятельство и определяет теоретическую мгновенность настоящего, его нуль-протяженность, его отсутствие где бы то ни было. Однако решения этого уравнения, называемые интегральными следствиями, всегда связаны с реально воспринимаемым пространством: *отрезком, площадью, объемом*. Они-то и насыщаются временем в виде событий, которые их материально оплодотворяют.

Поэтому, если забыть о математической точке, то настоящее D , помимо линейной размерности, приобретает конкретные очертания. *Мгновение перестает быть нулем*: точка размазывается, становится областью. Это уже квантовый мир.

Для этого мира М.Планк вычислил значения минимальной длины (Δl) и минимального времени (Δt), как величин не поддающихся делению:

$$\Delta l = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м}, \quad \Delta t = 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ с}.$$

Очевидно, что в такой постановке величину Δl следует рассматривать как *минимальную порцию пространства*, которая способна *поглотить минимальную порцию будущего* (Δt).

Тогда для простой одномерной задачи квантового мира можно вычислить временной градиент в минимальном настоящем:

$$\tau / D = \Delta t / \Delta l = 5,3 \cdot 10^{-44} / 1,6 \cdot 10^{-35} \approx 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ с/м}.$$

Это градиент в некой переходной зоне, когда настоящее это не точка, разделяющая прошлое и будущее, а уже область:

- временной поток из будущего вошел в настоящее, но ещё не трансформировался в прошлое, ещё не материализовался в пространстве, а только «знакомится» с ним, адаптируется в новых условиях, когда часы «тикают», но начинают «осознавать», что должны будут остановиться.

Как удивительно просто и одинаково устроен мир:

- будущее – временная субстанция, отражающая жизненную потенцию мира,
- настоящее – это своеобразный родильный дом, это место адаптации потенциальной вечности, это место, где
- часы начинают громко тикать, чтобы потом остановиться в прошлом.

Временной же градиент прошлого можно достаточно надёжно оценить по геологическим данным. Конечно, в истории Земли он не был постоянным и, наверное, менялся достаточно сильно, однако осреднённое его значение, скажем, за последние 600 млн.лет (фанерозой) получить можно и оно даст представление о порядке этой величины.

По данным геологии мощность осадочного чехла на континентах составляет около 3 км. В основном это толща пород относящихся к фанерозою. Тогда временной градиент по координате Z (радиусу Земли) составит:

$$\text{grad } t = 6 \cdot 10^8 \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ с} / 3 \cdot 10^3 \text{ м} = 6 \cdot 10^{12} \text{ с/м}.$$

Нетрудно увидеть, что временной градиент в настоящем (переходной зоне) и градиент в прошлом существенно отличаются. В прошлом остановившееся время как бы уплотнено. Это «уплотнение» можно оценить через безразмерный коэффициент $P(t)$:

$$\tau = D P(t) \text{ grad } t \quad (5.17)$$

$$P(t) = \tau / D \text{ grad } t = 3,3 \cdot 10^{-9} / 6 \cdot 10^{12} \approx 5,5 \cdot 10^{-22}.$$

Это число показывает, во сколько раз жизнь короче смерти. Оно позволяет понять, что *смерть – это овеществлённая жизнь*, что *смерть, как и жизнь, тоже должна иметь начало и конец*. Если пространство поглощает время через настоящее, то оно где-то и через чего-то должно от него освобождаться.

В связи с такой гипотезой обратимся к известной космологической модели А.Эйнштейна, построенной им в 1917г. Исходя из господствовавших тогда представлений о стационарности Вселенной, Эйнштейн поставил естественный вопрос о существовании в ней наряду с силами тяготения уравновешивающих сил отталкивания. Природу этих отталкивающих сил он связывал с так называемым гравитационным вакуумом, иначе с пространством Вселенной не занятым веществом. (А с чем еще их можно было связать?).

Здесь же я только приведу две формулы, по которым можно оценить ускорение тяготения (a_τ) и ускорение отталкивания (a_0) :

$$a_\tau = G M / R^2 \quad (5.18);$$

$$a_0 = 3 \cdot 10^{-36} R \quad (5.19)$$

Первая получена из известной записи закона всемирного тяготения И.Ньютона: $G = 0,667 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 / (\text{с}^2 \text{ кг})$ – постоянная тяготения; M – масса; R – расстояние. Вторая является продуктом построений А.Эйнштейна.

Наши пространственно-временные соотношения прошлого и настоящего, в частности, величина $P(t)$ были получены на «земных материалах», по крайней мере, в отношении прошлого (*grad t*). Поэтому резонно провести сравнение сил тяготения и отталкивания как функций соответственно *материального* и *пространственного*, в рамках Солнечной системы.

Солнце в области Земли создает гравитационное ускорение, вычисляемое по формуле (5.18), в которой $M = 1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$ (масса Солнца), а $R \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ (среднее расстояние от Земли до Солнца).

$$a_{\tau} = 0,667 \cdot 10^{-10} \cdot 1,98 \cdot 10^{30} / 2,25 \cdot 10^{22} \approx 0,59 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2.$$

Ускорение, создаваемое силами отталкивания, генерируемыми пространством в этой же области составит:

$$a_0 = 3 \cdot 10^{-36} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} = 4,5 \cdot 10^{-25} \text{ м/с}^2.$$

Тогда

$$a_0 / a_{\tau} = 4,5 \cdot 10^{-25} / 0,59 \cdot 10^{-2} = 7,63 \cdot 10^{-23}.$$

От нашего коэффициента $P(t) = 5,5 \cdot 10^{-22}$ эта величина отличается всего на один порядок, что составляет ничтожные доли процента.

Таким образом, наше понимание прошлого как продукта взаимодействия времени с пространством (*материализация времени*) хорошо согласуется с понятием *массы как источника гравитации* и «пустоты Вселенной» как *гравитационного вакуума*.

Выражение «пустота Вселенной» я поставил в кавычки потому, что оно обозначает *наше незнание этой пустоты*. При этом я имею в виду не только чувственное незнание, но и инструментальное, незнание того, в чём находятся звезды, галактики, межзвёздная пыль, газ и даже электромагнитное излучение, рассматриваемое современной наукой как вид материи.

Известно, что работы А.Фридмана о нестационарности Вселенной привели А.Эйнштейна к отказу от своей космологической постоянной отталкивания. Он стал считать её «самой грубой ошибкой своей жизни». Открытие Э.Хабблом расширения Вселенной и последующая разработка теории Большого взрыва как

будто бы вообще поставили точку на этих разработках великого ученого.

Но вероятно, такие гении как А.Эйнштейн не ошибаются, даже когда думают, что ошиблись. Ведь стационарность или нестационарность и *лямбда-член* в уравнениях А. Эйнштейна, оценивающий отталкивания гравитационного вакуума, это разные вещи. По-существу, условия стационарности, рассматриваемые А.Эйнштейном, это всего лишь условие, помогшее увидеть свойства «пустого пространства». А разбегание галактик это наложенный процесс. Таким образом, условие стационарности Вселенной позволили А.Эйнштейну заглянуть в *мир запредельного*, в мир, состоящий из *чувственного ничего*. Вероятно, *это ничего и есть время*. Там, где оно взаимодействует с пространством, появляется чувственная материя (масса и поля), в которой часы останавливаются (время срастается с пространством).

Материальность времени

Обсуждая *предельную мгновенность* получения информации через наблюдения или измерения, Павел Александрович Флоренский пользовался понятием атомов времени, как единичного элемента восприятия (Флоренский, 1993). Работа, о которой идёт речь, является публикацией рукописи Павла Александровича. Она представляла собой конспект лекций, читаемых им в течение 3-х учебных годов (1924 – 1925) во ВХУТЕМАСе. При подготовке рукописи к печати тщательно исследовались архивы Флоренского. В них нашлись материалы, датированные 5 июля 1919 года, под названием «*Атомы времени*». Там оказались ссылки на буддийскую философию. Приведём одну из ключевых выписок этой рукописи:

- Согласно теории мгновенности, смена в составе содержания происходит настолько быстро, что самый процесс перехода к новому содержанию не поддаётся наблюдению. Момент («кшана»), не будучи нулём, является столь малою частицей времени, что он непосредственному наблюдению недоступен...Теория мгновенности заключается, таким образом, в условном сведении потока сознания и его содержания на уровень одинаковых, бесконечно малых **частиц времени**.

Обсуждая этот вопрос, Флоренский отмечает, что *однородное время не способно дать ритм*, который предполагает пульсацию. Задолго до физиков на примере живописи и особенно классической иконописи он показывает, что время раскладывается на покоящиеся моменты, но *не менее атома времени*, которые связываются в единый ряд и создают внутреннее единство при движении. Он называет это кинематографическим приёмом.

Любопытно, что в исследовании фундаментальных понятий философские разработки всегда, и часто намного, опережают физико-математические теории, которые создаются независимо и в полном отрыве от предшествующих им философских результатов. Являясь более строгими, математические теории кажутся более корректными и более точными. Но это иллюзорная точность, поскольку она получена на множестве допущений, оговорок и условий и обычно такие теории экспериментально трудно проверяются или такая проверка бывает невозможна.

С таким взглядом на «физиков и лириков» рассмотрим результаты исследований проф. Николая Александровича Козырева, которые вошли в науку под названием «*причинная механика*» (Козырев, 1991). Николай Александрович рассматривал её как науку о физических свойствах времени.

Современная физика принимает только одно свойство времени, связанное с его длительностью. Сюда же причисляются его одномерность, непрерывность и однородность. Этот взгляд получил название реляционного:

- ...в природе нет никакого времени «самого по себе»... Время – это всегда конкретное физическое свойство данных конкретных физических тел и происходящих в них изменений» (Чернин, 1987).

Сказанное полностью соответствует геостратиграфическим взглядам С. В. Мейена:

- Время это процессы.
- Сколько процессов, столько и времён.

Н.А. Козырев предлагал и обосновывал другой подход, называемый субстауциональным. Суть его состоит в том, что *время представляет собой самостоятельную сущность*, это явление природы, которое должно воздействовать на объекты мира и протекающие процессы и, возможно, испытывать воздействия и обратного характера – со стороны самих объектов и процессов.

Этот подход Николай Александрович конкретизировал постулатом о том, что *время кроме длительности обладает другими физическими свойствами, которые он называл активными*. В частности, он показал, что *время обладает переменной плотностью*. Физические свойства времени могут исследоваться опытным путём. При этом речь шла об экспериментах в макросистемах и об астрономических наблюдениях. И те и другие он успешно проводил.

Н.А. Козырев принимал, что существует только время и пространство, а вещество является не самостоятельной сущностью, а только относительно стабильными сгустками пространства-времени (вроде солитонов). Для темы нашего разговора это последнее

обстоятельство является особенно важным, потому что мои собственные построения привели практически к тем же выводам (Павлов, 2006).

Возможность синхронизации геологических часов

Эта задача решается с помощью феноменологической формулы для подсчёта энергосодержания породы (Павлов, 1985): известна её масса m , петрографический состав n_i , минералогический состав p_j и энергии кристаллических решёток минералов U_p :

$$E = \sum m n_i p_j U_{pj} / N_{pj} \quad (5.20),$$

где N_p – масса одной грам-молекулы рассматриваемых минералов.

Например, если речь идёт только об одной породе, состоящей из кварца и полевого шпата, то $i = 1$, а $j = 2$, что соответствует кварцу с N_{p1} , U_{p1} и полевоому шпату с N_{p2} , U_{p2} . Поскольку расчёт ведётся для одной породы, $n_1 = 1$. Если в ней содержится кварца, скажем 30%, а полевого шпата 70%, то $p_1 = 0,3$, $p_2 = 0,7$.

Очевидно, что величина m может быть вынесена за знак суммы:

$$E = m \sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj} \quad (5.21)$$

Нетрудно понять, что E представляет собой средневзвешенную по составу пород энергию кристаллической решётки, которой обладает рассматриваемая породная масса m . Она характеризует данную породу как гарант существования. Иными словами, E – это энергия существования породы или комплекса пород как геологического массива, блока, какого-то тела и т.д.

В физике среди различных видов энергии (тепловой, механической, электрической и т.д.) известна энергия покоя частицы, описываемая известной формулой А. Эйнштейна

$$\varepsilon = m C^2 \quad (5.22)$$

Это энергия, которой обладает частица просто в силу своего существования.

Входя в область догадок (Фейнман, 1987), по аналогии с (5.22), перепишем (5.21) в следующем виде:

$$E = m V^2 \quad (5.23)$$

Тогда получим, что

$$V = (\sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj})^{0,5} \quad (5.24)$$

Это должна быть некая предельная скорость, за которой порода как элемент Земли или Солнечной системы перестаёт существовать

Из феноменологической формулы (5.21) вытекает, что $\sum n_i p_j$ – коэффициент, отражающий средний минералогический состав рассматриваемой массы пород, а $\sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj}$ – их среднее энергосодержание *на единицу массы* (при условии $m = 1$).

Посмотрим, какие значения примет величина V (5.24) для основных типов пород: изверженных, осадочных, метаморфических (по их средним составам).

Средний состав магматических пород возьмём по Р. Гаррелсу и Ф. Маккензи (1974) (табл. 5.2). Покажем вычисление величины V по формуле (5.24):

$V_m^2 = (0,06 \cdot 4808/132 + 0,07 \cdot 4022/100 + 0,03 \cdot 3941/116 + 0,18 \cdot 10372/278 + 0,28 \cdot 11473/262 + 0,119 \cdot 11495/278 + 0,03 \cdot 3419/160 + 0,16 \cdot 3109/60) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = (2,18 + 2,82 + 1,02 + 6,72 + 12,26 + 7,86 + 0,64 + 8,29) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = 174,97 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$, откуда $V_m = 13,23 \text{ км/с}$.
Здесь $4,1868 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ – переводной коэффициент.

Средний состав осадочных пород также возьмём из работы Гаррелса и Маккензи (1974) (табл.5.3). Аналогичный расчёт даёт величину $V_{oc} = 12,94 \text{ км/с}$.

Таблица 5.2

Расчетные параметры для магматических пород

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Ферросилит FeSiO_3	6	4804 (Сауков, 1966)	132
Энстатит MgSiO_3	7	4022 (Щербина, 1972)	100
Волластонит CaSiO_3	3	3941 (Щербина, 1972)	116
Анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	18	10372 (Щербина, 1972)	278
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	28	11473 (Щербина, 1972)	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	19	1495 (Щербина, 1972)	278
Гематит Fe_2O_3	3	3419 (Мамулов, 1961)	160
Кварц SiO_2	16	3109 (Щербина, 1972)	60

Примечание. Здесь и далее в таблицах: источники (Мамулов, 1961, Щербина, 197) – экспериментальные данные; источник (Сауков, 1966) – вычислено по экам Е. Ферсмана.

Таблица 5.3
Расчетные параметры для осадочных пород

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	6	11473 (Щербина, 1972)	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	6	1495 (Щербина, 1972)	278
Гематит Fe_2O_3	4	3419 (Мамулов, 1961)	160
Кварц SiO_2	35	3109 (Щербина, 1972)	60
Кальцит CaCO_3	7	648 (Сауков, 1966)	100
Доломит $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$	4	1386 (Сауков, 1966)	184
Иллит $[\text{K}_{0,6}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{2,2}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_{0,2}]$	27	25423 (Сауков, 1966)	578
Хлорит $[\text{Mg}_2\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	7	16559 (Сауков, 1966)	554
Монтмориллонит $[\text{Na}_{0,33}\text{Al}_{2,33}\text{Si}_{3,6}\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	3	31695 (Сауков, 1966)	809

Средний минералогический состав метаморфических пород нам неизвестен. Поэтому для оценок используем данные по породам эклогитовой фации, считающейся сегодня продуктом наиболее глубоких метаморфических изменений. Характерным минералогическим парагенезисом для них являются омфациит и гранаты альмандин-пиропового состава (Саранчина, Шинкарёв, 1973). Для расчётов возьмём условную породу с равным содержанием альмандина, пироба, диопсида и жадеита (табл.5.4). Для такой породы получим $V_{\text{мет}} = 10,56$ м/с.

Таблица 5.4
Расчетные параметры для условных эклогитов

Минерал	p_j , %	U_{pj} , ккал/моль	N_{pj} , моль (Справочник, 1969)
Альмандин $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	25	6277 (Сауков, 1966)	495
Пироп $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	25	6262 (Сауков, 1966)	403
Диопсид $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$	25	7969 (Щербина, 1972)	216
Жадеит $\text{Na Al Si}_2\text{O}_6$	25	8363 (Щербина, 1972)	202

Вычисленные оценки приводят к неожиданным результатам (см. табл. 5.5):

Таблица 5.5

Сводные результаты

Породы	Магматические	Осадочные	Метаморфические
E , МДж	175	167	111
V , км/с	13,23	12,94	10,56

1. Магматические породы как ювенильные или квазиювенильные образования обладают максимальным энергозапасом, и соответственно максимальной предельной для них скоростью существования.
2. Чем более сильным изменениям подвержены породы, тем ниже их энергозапас и соответствующая ему предельная скорость существования.

Очевидно, что эти выводы следует рассматривать как предварительные, однако они настолько интересны, что подводят к целому ряду новых для геологии задач:

1. *Полученные значения предельных скоростей существования пород находятся в пределах первой-третьей космических скоростей. Напомним их:*

- V_1 , V_2 и V_3 соответственно 7,93; 11,16 и 16,67 км/с

Если $V < V_1$, то тело не может покинуть Землю. При $V_1 < V < V_2$ тело отрывается от Земли, но движется вокруг неё по эллипсу с одним из центров, совпадающим с центром Земли (тело спутник). Если $V = V_2$, Тело покидает нашу планету, но движется по параболе.

Для случая $V_2 < V < V_3$ тело покинет Землю, двигаясь по гиперболе. При $V > V_3$ тело способно покинуть Солнечную систему.

Полученные значения скоростей существования V говорят, что главные типы известных нам пород энергетически принадлежат Солнечной системе:

$$V_2 \leq V < V_3$$

2. *Мы приходим к пониманию того, что как в физике скорость света в вакууме, в геологии есть своя предельная скорость, определяемая энергией существования пород, а через них и геосфер. По значению такая скорость, по-видимому, совпадает с третьей космической скоростью.*
3. Это обстоятельство подводит к аналогии релятивистской аксиоматики для геологии:
 - нет привилегированных геологических систем;
 - есть привилегированный в геологии параметр – третья космическая скорость, определяющая предельную энергию существования горных пород на Земле.
4. Известно, что прямым следствием релятивистских постулатов А.Эйнштейна является инвариантность интервала между событиями

относительно преобразований пространственных координат и времени и соответственно их форма – преобразование Лоренца.

5. Рассматривая вопрос о синхронизации часов в движущихся системах, А. Эйнштейн показывает, что разница в их показаниях составит:

$$\Delta t = \Delta t' / (1 - V^2/C^2)^{0,5} \quad (5.25)$$

В геологии следует говорить не о движущихся системах отсчёта, а о подвижности шкалы времени. Шкала сжимается от древних эпох к настоящему. Это означает, что, оценивая датировку, скажем, начала фанерозоя, мы используем шкалу современных часов, в которых секундная стрелка движется быстрее, чем в докембрии. Сегодня секунда короче.

На примере фанерозоя можно оценить временно'е смещение.

$$\Delta t = \Delta t' / (1 - V^2/V_3^2)^{0,5}$$

Примем для нижней границы фанерозоя временную датировку, приводимую А.А. Баренбаумом [2002] – $\Delta t' = 570$ млн. лет. В соответствии с моими данными $V = 12,94$ км/с (осадочный чехол Земли), $V_3 = 16,67$ км/с.

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 12,94^2 / 16,67^2)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 167,44 / 277,89)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (1 - 0,602)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / (0,398)^{0,5}$$

$$\Delta t = 570 \cdot 10^6 / 0,631$$

$$\Delta t = 903 \cdot 10^6$$

Получается довольно большая разница между современными часами и часами фанерозоя. Очевидно, что чем дальше вглубь геологических событий мы будем двигаться, тем существеннее древнее окажутся геологические события прошлого по отношению к современным часам.

Синхронизация геологических часов является важнейшей и принципиальной процедурой при построении геологической истории Земли и отдельных её регионов. Заметим, что эта процедура никогда ещё в геологии не использовалась.

Квантование времени

В соответствии с квантово-механической теорией мира время дискретно и его минимальная порция (квант) равен числу $5,3 \cdot 10^{-44}$ с. Физического объекта, с которым оно было бы связано, не найдено. И мне неизвестно, искали ли его. Можно думать, что это число как-то соответствует понятию «атом времени», о котором говорит буддийское учение, и которое обсуждалось П. Флоренским.

При энергетическом анализе Международной

геостратиграфической шкалы мною был найден геологический аналог постоянной Планка и с его помощью получено число $\Delta t_g = 10^{-4}$ с. Оказалось, что этому числу соответствует период пульсации так называемых «миллисекундных» пульсаров – вращающихся нейтронных звезд [Павлов, 2008].

Создаётся впечатление, что мир ограничен не только «снизу», характеристиками квантовой пены (Грин, 2005), но и «сверху» – какой-нибудь «квантовой макропеной» Вселенной, вращающей нейтронные звёзды. *Если первое число связано с началом жизни мира, то второе – с физикой её кончины, воплощённой с концом жизни звёзд.*

Разделив второе число на первое, получим количество временных квантов в жизни звёзд – около $2 \cdot 10^{39}$. Таким образом, возраст звезды (как внутреннее её время) можно оценить числом временных квантов.

По величинам пространства получается приблизительно такая же картина. По Планку $\Delta L = 1,6 \cdot 10^{-35}$ м, а у меня для мегамира $\Delta L_g = 3 \cdot 10^4$ м. [Павлов, 2008] Очевидно, что отношение второй величины к первой составит тоже около $2 \cdot 10^{39}$. Возможно, и это число показывает количество квантов в некоем цикловом интервале пространства. Тогда можно говорить не просто о связности пространства-времени, но и о единстве этих характеристик как внутреннем инварианте, определяемом понятием «возраст». Получается, что ***возраст это не только время, но и пространственная протяжённость.***

Конечно, это предположение. Но оно не более экзотично, чем некоторые «странные» числа в физике. Например, рассматривая возможную связь тяготения с другими силами, Ричард Фейнман приводит отношение гравитационного притяжения электронов к их электрическому отталкиванию, исходя из формального сходства записей законов Кулона и Ньютона. Полученное им число составило $1/4,17 \cdot 10^{-42}$. Он рассматривал его как естественную константу, считая, что в нём скрыты какие-то глубинные свойства природы. Объяснение этому числу пока не найдено. Одна из попыток повторить его была связана с привлечением возраста Вселенной, принимаемого за $2 \cdot 10^{10}$ лет (около 10^{18} с). Это характеристика мегамира. За характеристику микромира принималась величина 10^{-24} с – время прохождения света сквозь протон. Разделив второе число на первое, Р. Фейнман получил 10^{-42} (Фейнман, 1965). Очевидно, что полученные Фейнманом числа можно перевернуть. И тогда мы увидим, что они почти также велики, как и число, полученное мною.

По современным представлениям нашей Вселенной присущи три пространственных измерения. В соответствии с астрономическими

наблюдениями каждое из них имеет протяжённость $15 \cdot 10^9$ световых лет (Грин, 2005). Один парсек составляет 3,26 световых года и в системе СИ равен $3,08 \cdot 10^{16}$ м. Нетрудно оценить, что протяжённость нашей Вселенной в СИ выразится цифрой около $15 \cdot 10^{25}$ м. Приняв за эталон размера микромира классический радиус электрона $2,8 \cdot 10^{-15}$ м и разделив протяжённость Вселенной на эту величину, получим $3 \cdot 10^{40}$.

Я не буду приводить другие примеры, но хочу заметить, что попытка объяснения этого фантастически громадного числа (так называет его Фейнман) строится на сопоставлении микромира и мегамира Космоса.

Видимо, где-то между этими мирами, и прячутся глубинные свойства природы.

Общие выводы:

- *Будущее – это время без пространства (чувственное ничто).*
- *Настоящее – пространство без времени (чувственная пустота).*
- *Прошое – единое пространство-время (материя).*
- *Пространство поглощает время, материализуя его в прошое.*
- *Не исключена дехронизация прошлого, т.е. его разрушение с образованием абсолютного времени и абсолютного пространства.*
- *Смерть прошлого рождает новое будущее.*

Мы живём в прошлом, в том времени, которое материализовали для нас наши предки. Мы читаем книги, которые уже написаны, живём в домах, которые уже построены, создаем по технологиям, которые кем-то уже разработаны, верим в идеи, которые возникли в умах предшественников и т.д.

ЭТО НАША СУДЬБА!

Сами мы создаем прошлое для наших потомков.

И ЭТО ИХ СУДЬБА!

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте классические представления о пространстве-времени, которыми пользуется современная геология.
2. Объясните основные принципы построения стратиграфической и геохронологической шкал.
3. Назовите эры в истории развития Земли.
4. Какие системы стратиграфической шкалы делятся на 2 отдела?
5. Что имеется в виду под естественностью стратиграфических шкал?
6. Назовите и прокомментируйте основные методы стратиграфии.
7. Назовите основные допущения при получении геохронологических датировок в астрономической шкале времени.
8. В чем состоит суть построения магнитной геохронологической шкалы?
9. Как Вы понимаете временную напряженность и связанное с ней взаимоотношение прошлого, настоящего и будущего?

Литература

Основная

1. Афанасьев С.Л. Геохронологические шкалы фанерозоя и проблема геологического времени. – М.: Недра, 1987. – 144 с.
2. Баренбаум А.А. Галактика. Солнечная система. Земля. – М.: ГЕОС, 2002. – 392 с.
3. Вакье В. Геомагнетизм в морской геологии. – Л.: Недра, 1976. – 192 с.
4. Горшков Г.П., Якушова А.Ф. Общая геология. – М.: МГУ, 1973. – 592 с.
5. Спасский Н.Я., Келль С.А., Кравцов А.Г. Учебная геологическая практика в Ленинградской области. – Л.: ЛГИ, 1986. – 74 с.

Дополнительная

1. Битов А.Г. Послесловие, или Предисловие. В книге: Поиски смыслов. – СПб. СЗ НИИ Наследия, 2004. – 172 с.
2. Гумилев Л. Н. Этногенез и биосфера Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 528 с.
3. Егоян В.Л. Тенденции в развитии общей стратиграфии. – Бюл. МОИП, отд. Геол., 1987, т.62, вып. 1; вып. 5.
4. Кирюхин А.В., Кирюхин В.А., Манухин Ю.Ф. Гидрогеология вулканогенов. – СПб. : Наука, 2010. – 395 с.
5. Мороз С.А. Оноприенко В.И. Пространственно-временные аспекты стратиграфии. – Киев, Высшая школа, 1988. – 178 с.
6. Павлов А.Н. Временные категории в гидрогеологии. – СПб. : РГГМУ, 2008. – 104 с.
7. Павлов А.Н. Методологические основания современной геологии. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 113 с.
8. Руттген М. Происхождение жизни. – М.: Мир, 1973. – 411 с.