

2

О галактических циклах в истории Земли

И. К. Гаршин

Установлено, что ключевые события истории Земли определяются космическими факторами, связанными с вращением Солнечной системы вокруг центра Галактики. Этот галактический год (далее – галацикл) равен примерно 200 млн лет. Большинство эонов, эр и докембрийских периодов кратны этой величине. Существуют астробиогеологические циклы около 200 млн лет и кратные им (400, 800 млн лет), а также более мелкие периоды (примерно по 50 млн лет). Хронология Луны, Марса и Меркурия подтверждает это, что говорит о едином космическом влиянии на эволюцию планет.

Обнаружено, что на границах галациклов происходили катастрофические события в истории земного шара. Предполагаемая причина этих событий – падение крупных астероидов, возможно, внесолнечного происхождения. Эти бомбардировки приводили прямо или косвенно (через усилившуюся вулканическую деятельность) к запылению атмосферы. Из-за последующего снижения солнечной радиации климат «переохлаждался» и наступал ледниковый период. Попутным геологическим событием мог быть раскол древнего материка. Эти геологические катаклизмы приводили к биологическим катастрофам, когда погибало от 40 до 95 % всех видов.

Предложена новая геохронологическая шкала, соответствующая галациклам. Каждый галацикл представлен геологической эрой и обычно характеризуется своей эпохой складчатости. Четыре эры объединяются в эон, которому соответствует эпоха образования и распада суперконтинента. Всего представлено 6 эонов и 24 эры, начиная с катархея. Четные эры являются гляцио-эрами, нечетные – термозрами. Каждая эра делится на 4 периода, которые представляют собой фазы горообразования. Получается настоящая «периодическая система» геологического времени, позволяющая заранее определять древнейшие климаты и прогнозировать геологическую историю далекого будущего.

Ключевые слова: геохронология, геохронологическая шкала, геологическое время, история Земли, орбита Солнечной системы, период вращения Галактики, планетарные катаклизмы, биологическая катастрофа, вымирание видов, ледниковая эпоха, древние ме-

теориты, суперконтиненты, циклы горообразования, ритмы осадконакопления, космические факторы эволюции, колебания орбитальных величин, селенохронология, галактический оборот.

1. Введение в проблему

В начале XX в. геологи А. Пенк и Э. Брикнер исследовали альпийские оледенения и установили относительную хронологию послеледниковой и межледниковых эпох четвертичной истории Альп (Герасимов, Марков 1939). Затем им удалось получить численное выражение интенсивности климатических изменений и продолжительности межледниковых эпох. Откладывая по оси абсцисс время, а по оси ординат – величину перемещения снеговой линии, они получили ломаную линию, которую называют *климатической кривой Пенка – Брикнера*.

В. Кёппен, А. Вегенер и М. Миланкович (1924) (Большаков 2011: 77–80; Герасимов, Марков 1939) увидели причину этих изменений в колебаниях величины солнечного тепла – главного фактора, определяющего климат нашей планеты. То количество тепла, которое получает земная поверхность, зависит при неизменной величине солнечного излучения от трех периодически меняющихся величин (Рис. 1):

- 1) наклона эклиптики, меняющейся с периодом около 40 000 лет, – чем меньше наклон, тем мягче и равномернее климат;
- 2) эксцентриситета земной орбиты, меняющегося с периодом примерно 90 000 лет;
- 3) предварения равноденствия из-за прецессии земной оси, которая периодически меняется примерно каждые 26 000 лет и определяет сезон, на который в данном полушарии приходится перигелий или афелий.

Эти три изменения движения зависят от притяжения Земли планетами Солнечной системы.

М. Миланкович подсчитал, каковы действительные сочетания этих трех изменений. Он построил кривую, которую назвал «Солнечная радиация летней половины года в высоких широтах в четвертичное время за 650 тысяч лет». Изменение величины солнечной радиации по оси ординат показано как изменение широты места. Кривая не учитывает влияния земной атмосферы и географических факторов (например, наличия значительных континентальных масс к северу от экватора).

В. Кёппен в 1924 г. отметил поразительное сходство кривых Пенка – Брикнера и Миланковича. А. Б. Эберл, проведя детализацию истории ледникового периода Альп, построил свою кривую, чьи выступы также совпали с выступами кривых Пенка – Брикнера и Миланковича. Поскольку Эберл указывал следы еще более древних ледниковых эпох, он попросил Миланковича продолжить кривую, вычисленную вначале для 650 000 лет, на отрезок времени в 1 миллион лет. Сопоставление новых более древних

участков кривых Эберла и Миланковича снова обнаружило их поразительное сходство.

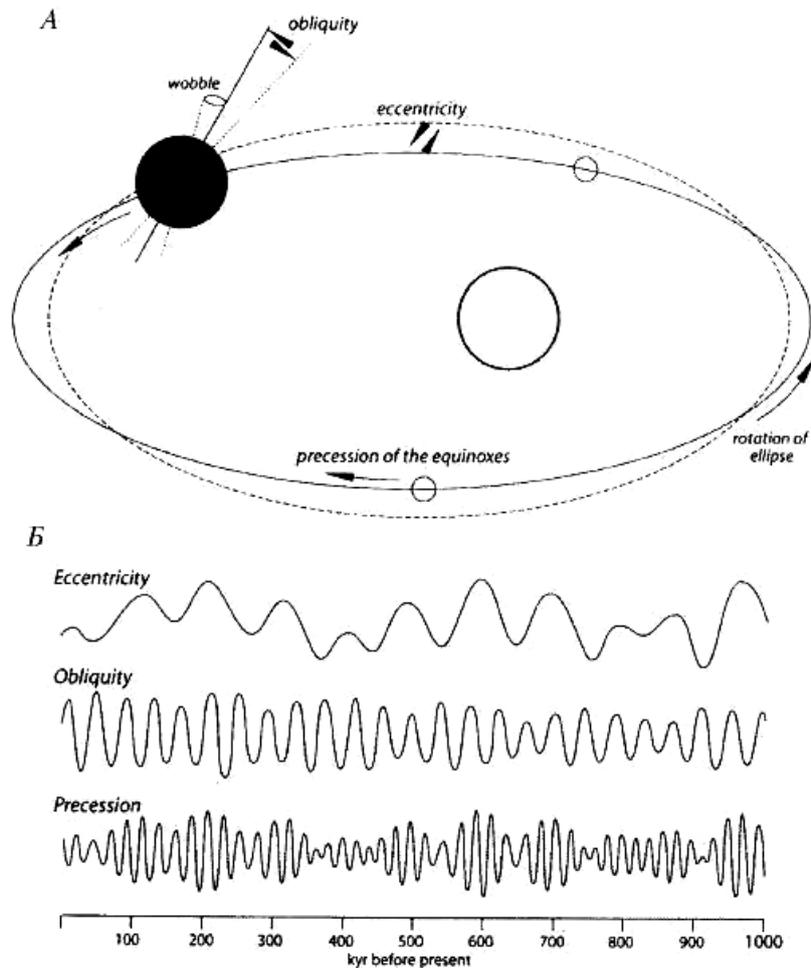


Рис. 1. Астрономические переменные, контролирующие солнечную инсоляцию, определяемую вращением Земли вокруг Солнца и своей оси (А). Астрономические факторы образования ритмической последовательности в осадочных толщах (Б). Значения эксцентриситета, наклона оси и прецессии в течение последнего миллиона лет (Strasser *et al.* 2006: figs 1, 3; Корень 2009)

Впоследствии было признано, что влияние географических факторов на климат намного больше, чем астрономических. Но в наше время опять пришли к выводу (Корень 2009), что квазипериодические осцилляции земной орбиты (прецессия и эксцентриситет) и наклона оси были главным фактором климатических изменений прошлого, которые запечатлены в осадочных последовательностях.

Такие попытки удовлетворительного объяснения климатических изменений на Земле воздействием космических причин побуждают к дальнейшим исследованиям в этой области по всем геологическим эпохам. Если на земной климат влияют планеты Солнечной системы, то, может быть, и далекие космические факторы каким-то образом действуют на Землю и Солнце? Многие исследователи (Большаков 2011: 77–80; Вылцан и др. 2008; Джон и др. 1982; Епифанов 2009: 101–104; Свиточ и др. 2004) изучали и изучают влияние окружающих звезд, структур и процессов Галактики на Солнечную систему. И многие отмечали периодичность геологических событий (в том числе гляциоз – Г. Ф. Лунгерсгаузен и др.) в интервале от 180 до 250 миллионов лет, что примерно соответствует галактическому году – периоду обращения Солнца вокруг центра Млечного Пути (Астрономия... 2008).

Сторонник модели пульсирующей и кристаллоподобной Земли В. А. Епифанов (2007а: 120–123; 2007б: 119–128) графически и математически рассчитал время, пространство и характер проявления пульсации Земли. Он связал вместе этапы щелочного магматизма, формирования нефтидов и алмазов, локализовав их в соответствующих местах икосаэдрической кристаллоформы Земли (см. раздел 2.7). Причину оледенений он видит в массовой напорной дегазации при периодическом глобальном сжатии земной коры (Он же 2006: 81–90).

Автор статьи, не являясь профессиональным геологом, биологом или астрономом, но будучи физиком по образованию и аналитиком по профессии, предпринял собственное расследование взаимосвязи важнейших геологических и биологических событий Земли.

2. Предмет и метод исследований

Предмет исследований – ключевые события геосферы и биосферы. **Цель** – поиск их периодичности и возможной взаимосвязи. **Метод** – хронологические сравнения этих событий между собой.

Исследоваться будут следующие процессы и ключевые события:

- 1) распад и образование материков;
- 2) смены эпох горообразования;
- 3) наступление и окончание ледниковых периодов;
- 4) колебания уровня Мирового океана;
- 5) расцвет и вымирание биологических видов;
- 6) падение очень крупных метеоритов;
- 7) другие геологические события и циклы.

Все виды этих событий будут представлены хронологическими списками с последующим выявлением в них закономерностей. Затем эти сведения будут объединены в общей хронологической таблице. Кроме того, мы сравним хронологические шкалы Земли, Луны и других планет Солнечной системы.

2.1. Тектоника древних континентов (циклы Уилсона)

В науке обсуждается различный состав древних суперматериков (Свиточ и др. 2004; Старостин, Игнатов 2006; Ушаков, Ясаманов 1984; Хаин, Халилов 2009). Не все из них общепризнаны, неясна хронология самых древних. Приведем их наименования и временные границы (в млн л. н. – миллионах лет назад) по версиям различных исследователей (* – гипотетические).

Табл. Наименования и временные границы древних суперматериков по версиям различных исследователей

№	В. Е. Хаин, Н. А. Божко	О. Г. Сорохтин, С. А. Ушаков	В. Е. Хаин, Н. А. Ясаманов	Н. А. Божко (кульминации)	Современная концепция	Р. Р. Табдуллин	Авторская концепция
1	2	3	4	5	6	7	8
1		Пангея (230 ± 10)	Пангея (435–220)	230	Пангея (300–200; 360–230?)	250	Пангея (300–200)
2				625	Паннотия (600)	625	Мезогейя (~700?)
3	Пангея 2 (1000)	Мезогейя (1000 ± 70)	Палеогейя (1080–865)	1020	Родиния (1050–750; 1000–850)	1000	Палеогейя (1100–900)
4				1415		*1375	Эогейя (~1500?)
5	Пангея 1 (1650)	Мегагейя (1800 ± 100)	Мегагейя (1725–1510)	1800	Колумбия / Нуна / Хадсонленд (1800–1500)	1750	Мегагейя (1900–1700)
6			Протогейя (2370–2155)	2215		*2125	Протогейя (~2300?)
7	Пангея 0 (2500)	Моногейя (2600±100)		2610	Кенорленд (2800–2100; 2500–2300?)	2500	Моногейя (2700–2600)
8			Прогейя (3015–2800)	3005	Ур (3000)		Прогейя (~3100?)

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
9			Археогейя (3660–3445)	*3400	Ваальбара (3600–2800; 3600–3100?)		Археогейя (3500–3300)
10				*3795			Дейтерогейя (~3900)
11				*4190			Матригейя (~4300)

Видно, что древние сверхматерики формировались примерно каждые 700–800 млн лет. По В. Е. Хаину и Н. А. Божко, средний интервал между их Пангеями – 750 млн лет (им противостояли суперокеаны Панталасса, Мировия, потом Прототетис). О. Г. Сорохтин и С. А. Ушаков (Свиточ и др. 2004) связали время образования суперконтинентов с рядом тектонических эр, получив интервал 800 млн лет (кроме 770 млн лет между Пангеей и Мезогеей). В. Е. Хаин и Н. А. Ясаманов принимают значение 645 млн лет. По отдельной концепции Н. А. Божко (Хаин, Халилов 2009) интервал между слиянием материков (с учетом промежуточных) – 395 лет.

Рассмотрим современную концепцию:

1) интервал между образованиями Пангеи (300 млн л. н.) и Родинии (1050 млн л. н.) – 750 млн лет;

2) между образованиями Родинии (1050 млн л. н.) и Колумбии (1800 млн л. н.) – 750 млн лет;

3) между образованиями Колумбии (1800 млн л. н.) и Кенорленда (2800 млн л. н.) – 1000 млн лет;

4) между образованиями Кенорленда (2800 млн л. н.) и Ваальбары (3600 млн л. н.) – 800 млн лет.

Здесь средний интервал – 830 миллионов лет.

Р. Р. Габдуллин приводит современный взгляд на сверхматерики (включая гипотетические временные) в усредненной форме с интервалом 375 лет (см.: Габдуллин и др. 2011).

Значит, период эволюции литосферы (геодинамический цикл Уилсона), в рамках которого происходят «сборка» и разъединение сверхматерики, составляет около 800 млн лет. Этот отрезок примерно равен 4 галактическим оборотам. Обычно считается, что блоки континентальной коры собираются в единый суперконтинент с периодом около 500–600 млн лет, но это потому, что учитываются эпизодические и долгоживущие временные континенты, такие как, например, Паннотия или Ур. Что касается Паннотии, то этот суперматерик, по гипотезе, временно возник уже через 150 млн лет после распада Родинии (600 млн лет назад) из ее «обломков». Последующее его раздробление породило фрагменты, которые вновь соединились с образованием Пангеи. Таким же временным суперматериком,

видимо, был Ур, чья хронология входит в широкие временные рамки Вальбары. Можно предположить, что 1 раз в 800 млн лет возникают относительно устойчивые сверхматериковые образования, а между ними – «временные сверхматерики». Таким образом, моноконтиненты (разной степени стабильности) образуются 1 раз в 400 млн лет (в среднем). Это согласуется с периодом глобального колебания уровня моря (400 млн лет), как показывает В. А. Епифанов (2007а: 120–123; 2007б: 119–128) (см. раздел 2.7).

Проведем мысленный эксперимент. Пусть в некотором месте Земли (положим, на одном из полюсов) собрались материковые массы, сформировав мономатерик. После динамической и термической стабилизации начинается I фаза геодинамического цикла – континентальный рифтогенез (кора материка раскалывается над мантийной струей). Части разделенного суперконтинента разъезжаются в противоположных направлениях (полагают, под действием мантийных потоков). Но «Земля – круглая», и рано или поздно они соберутся вместе на ее противоположной стороне. Если считать скорость дрейфа 5 см/г, то путь в 20 000 км дрейфующие плиты покроют за 400 млн лет. Геомобильный процесс не так прост, но полученная величина косвенно говорит в пользу периода цикла в 400 млн лет.

Учитывая возможное существование временных сверхматериков, автор предлагает свою хронологическую версию суперконтинентального цикла (правая колонка Табл.). За точку отсчета взято время образования Пангеи – 300 млн лет назад. Время образования более древних суперконтинентов получено как период в 800 и 400 млн лет для «стабильных» и «временных» сверхматериков соответственно. Используются названия Мезогей, Мегегей, Моногей и подобные им, как легче произносимые и терминологически более последовательные, хоть и «устаревшие».

Заметим, что Родиния распалась в конце тонийского геологического периода, название которого как раз и означает «растяжение». За 400 млн лет до этого был эктазийский период, название которого тоже означает «растяжение». Это время, по гипотезе автора, совпадает с временем распада Эогей.

Вывод: продолжительность полного суперконтинентального цикла – около 800 млн лет, причем в полуцикле (примерно через 400 млн лет) образуются непродолжительные сверхматерики.

2.2. Тектоно-магматические эпохи (циклы Бертрана)

В истории Земли выделяются около 20 тектоно-магматических эпох (Ковалев 2010), каждая из которых характеризуется своеобразной магматической и тектонической активностью и составом возникших горных пород. Перечислим эти эпохи *складчатости*, или *циклы Бертрана*, от поздних к ранним:

1. **Альпийская:** 50–0 млн лет – через 210 млн лет после начала герцинской.
2. **Киммерийская (мезозойская):** 90–50 млн лет.
3. **Герцинская (варийская):** 260–90 млн лет – через 390 млн лет после начала кадомской. Формирование суперматерика **Пангеи**.
4. **Каледонская:** 410–260 млн лет.
5. **Салаирская (позднебайкальская):** 520–410 млн лет. Расцвет биоса.
6. **Кадомская (катангинская):** 650–520 млн лет – через 210 млн лет после начала дельийской.
7. **Делийская:** 860–650 млн лет – через 230 млн лет после начала гренвильской.
8. **Байкальская:** 930–860 млн лет.
9. **Гренвильская:** 1090–930 млн лет – через 400 млн лет после начала лаксфордской. Формирование суперматерика **Родинии**.
10. **Эльсонская:** 1210–1090 млн лет.
11. **Готская (кибарская):** 1360–1210 млн лет.
12. **Лаксфордская:** 1490–1360 млн лет – через 180 млн лет после начала гуронской.
13. **Гуронская:** 1670–1490 млн лет – через 160 млн лет после начала гудзонской.
14. **Гудзонская (свекофенская):** 1830–1670 млн лет – через 400 млн лет после начала карельской. Формирование суперматерика **Колумбии**.
15. **Балтийская:** 1980–1830 млн лет.
16. **Карельская (раннекарельская):** 2230–1980 млн лет – через 270 млн лет после начала альгонкской.
17. **Альгонкская:** 2500–2230 млн лет – через 200 млн лет после начала беломорской.
18. **Беломорская (кенорская):** 2700–2500 млн лет – через 350 млн лет после начала кольской. Формирование суперматерика **Кенорленд** и настоящей континентальной коры.
19. **Кольская (саамская):** 3050–2700 млн лет – через 450 млн лет после начала белозерской.
20. **Белозерская:** 3500–3050 млн лет. Формирование праматерика **Ваальбары** из древнейших протоконтинентов (кратонов) Каапваль и Пилбара, которые образовались, возможно, под влиянием мощнейших астероидных ударов.

Итого: за 3,45 миллиарда лет произошло 19 циклов тектогенеза – в среднем один за 182 млн лет. Альпийский тектогенез не учитываем: он еще продолжается. Краткий киммерийский тектогенез является, вероятно, продолжением герцинского – в сумме 210 млн лет. Как видим, периодичность тектогенеза примерно равна галактическому году. Продолжитель-

ность двух самых древних эпох (кольская – 350, белозерская – 450 млн лет) составляет около 2 галактических лет. Возможно, каждая из них на самом деле состояла из двух эпох.

Циклы Бертрана находят подтверждение в трансгрессивно-регрессивной цикличности, в периодических изменениях интенсивности островодужного вулканизма, гранитообразования и регионального метаморфизма.

Вывод: средняя длительность циклов тектогенеза – около 200 млн лет (или кратна этой величине).

2.3. Древние оледенения Земли

В истории Земли имелись регулярные ледниковые эпохи (Джон и др. 1982; Климат... 2004; Свиточ 2008: 47–52; Серебрянный 1980; Хаин, Халилов 2009). Самые обширные из них:

1. **Кайнозойская** (началась 30–40 млн лет назад с появлением ледникового покрова Антарктиды);

2. **Гондванская** (340–240 млн лет назад), или позднекарбонская (пермско-каменноугольная);

3. **Девонская** (370–355 млн л. н.), или позднедевонская (ограниченно в Гондване);

4. **Ордовикская** (460–420 млн лет назад);

5. **Варангская** (680–570 млн лет назад), или вендская, **лапландская** – началась в конце криогения и захватила следующий эдиакарий (в середине – **мариноанское** оледенение);

6. **Стертская** (780–710 млн лет назад), или неопротерозойская – одна из нескольких ледовых эпох в криогении. И сама она включала другие оледенения (в начале – **кайгасское**);

7. **Гнейсская** (950–900 млн лет назад) – в тонийском периоде, предшествующим криогенскому;

8. **Среднепротерозойская** (1,2–1,0 млрд лет назад) – однако выявленная недостаточно надежно;

9. **Гуронская** (по одной из оценок – 2,4–2,1 млрд лет назад).

Как мы видим из Рис. 2, за последний 1 млрд лет на Земле было 6 пиков похолоданий и 5 межледниковий. То есть в среднем оледенения повторялись каждые 200 млн лет, что соответствует галактическому году.

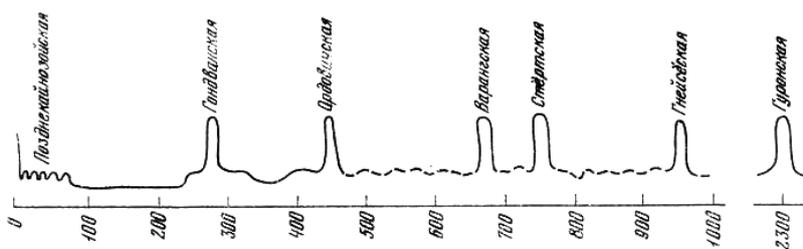


Рис. 2. Ледниковые эпохи в истории Земли по Тарлингу (по оси абсцисс – возраст в млн лет)

Ледниковые эпохи на Земле группируются в ледниковые эры (гляциоэры, или криоэры), между которыми наступают теплые эпохи (термоэры), см. Рис. 3 (Свиточ 2008: 47–52).

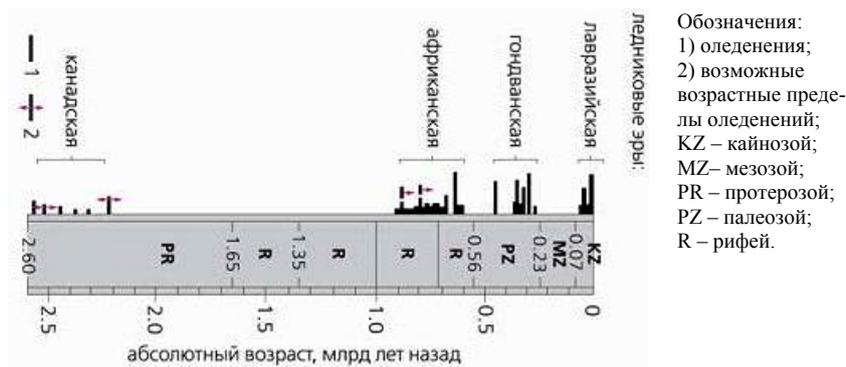


Рис. 3. Ледниковые эры в истории Земли

Длина линий на графике пропорциональна числу материков с известными ледниковыми отложениями.

Рассмотрим продолжительность криоэр и термоэр.

1. В **лавразийскую** гляциоэру около 30 млн лет назад в Антарктиде началось **кайнозойское** оледенение Земли. Максимальное распространение оно получило в последний миллион лет.

2. Между лавразийской и предыдущей гондванской гляциоэрами была термоэра длительностью ровно 200 млн лет (230–30 млн лет назад). Она включала пермско-триасовый аридно-геократический (триасовое потепление), мезозойский термофильный и мел-палеогеновый талассократический (меловое потепление) периоды.

3. В **гондванскую** гляциоэру в позднем палеозое макроматерик Гондвана (объединявший Африку, Южную Америку, Индию, Австралию и Антарктиду) расположился в полярных областях Южного полушария и испытал обширное оледенение продолжительностью 100 млн лет. Особенно сильным оно было 310–270 млн лет назад.

4. **Ордовикский** ледниковый период в раннем палеозое открыт в Сахаре по найденным тиллитам. Затем его следы были выявлены в Южной Африке, Южной Америке, Западной Европе и Аравии. Он развивался стадийно (от 3 до 20 ледниковых эпох) и, возможно, охватывал не только поздний ордовик, но и ранний силур, достигнув максимума около 450 млн лет назад. Его также относят к **гондванской** гляциоэре, общая длительность которой, таким образом, становится 200 млн лет (450–250 млн лет назад). Тем не менее между гондванской и ордовикской криоэрами был среднепалеозойский термофильный период (девонское потепление) длиной около 100 млн лет.

5. Между ордовикской и предыдущей африканской гляциоэрами была термоэра длительностью около 150 млн лет (600–450 млн лет назад) – кембрийское потепление, или раннепалеозойский термофильный талассократический период (Свиточ и др. 2004). Однако и в нем, на границе венда и кембрия, зафиксировано **байконурское** оледенение в Сибири и Казахстане (~540 млн лет назад) (Климат... 2004).

6. К **африканской** гляциоэре относят следы трех крупных позднепротерозойских ледниковых эпох: **конголезской** (900–800 млн лет назад), **стертской** (780–720 млн лет назад) и **варангской** (680–570 млн лет назад). Они отмечаются практически на всех материках, кроме Антарктиды. К африканской криоэре примыкает **гнейсеский** ледниковый период (950–900 млн лет назад). Все они относятся к криогению или смежным периодам рядом с его границами. Это самая продолжительная криоэра (более 400 млн лет) с обширными оледенениями даже в тропиках. Причиной такой исключительной ледниковой эры явилось расположение континентальных масс в экваториальных областях и возникновение резко континентального климата.

7. Между этой позднепротерозойской и предыдущей раннепротерозойской ледниковыми эрами имеется продолжительный интервал в 1,7 млрд лет (2,2–0,9 млрд лет), за время которого пока не отмечено других криоэр. Однако в Шотландии в группе Стоэр возрастом 1199 млн лет давно известны тиллоиды, которые одними исследователями рассматриваются как ледниковые, а другими – как отложения теплого аридного климата (Там же). К этому же времени относится **тимискаминское** оледенение (1,2 млрд лет назад), обнаруженное в Северной Америке. Имеются указания на проявление оледенений возрастом 1,1–1,0 млрд лет на Канадском щите

и в Западной, а возможно, и в Центральной Африке (Хаин, Халилов 2009), но они считаются малодостоверными.

8. К **канадской** гляциоэре относят достоверные следы покровных оледенений палеопротерозоя и неоархея. Они отмечаются в интервалах 2,5–2,3 и 2,2–2,0 млрд лет назад (на графике отмечены с 2,6 по 2,2 млрд лет назад). Первое из них – **неоархейское** (около 2,65 млрд лет назад). 250 млн лет спустя началось **гуронское** (2,4–2,2 млрд лет назад), первые признаки которого проявились уже 2,5 млрд лет назад. Считается, что его причиной была кислородная катастрофа. За гуронским оледенением сразу последовала **даспортская** ледниковая эпоха (2,2–1,95 млрд лет назад).

9. Достоверных данных о ледниковых эпохах ранее неоархея нет. Однако первые следы оледенений (редкие и ограниченные) возрастом 2,9 млрд лет известны на небольшом кратоне **Каапваал** в ЮАР. Это тиллиты надгруппы Витватерсранд и группы Мозоан. Оледенение Мозоан было покровным, а Витватерсранд – горным (Там же).

Таким образом, гляциоэры имеют длительность 200–400 млн лет, а термоэры – 150–250 млн лет. Сами гляциоэры состояли из чередующихся ледниковых периодов и межледниковий.

Зависимость оледенений от геодинамических процессов может быть и опосредствованной. Большие континентальные массы привлекают к себе метеориты, падения которых запыляют атмосферу, что ведет к похолоданию. Во время дезинтеграции суши метеориты падают чаще в океан, так как он занимает 70 % земной поверхности. Это приводит, наоборот, к потеплению. Моделирование падения в океан астероида диаметром 10 км (Баренбаум 2011: 54–57) показало, что при этом испаряется огромная масса воды, которая начинает циркулировать в тропопаузе (выше 14–20 км) в виде пара тысячи лет. Сразу после падения начинаются ливни, которые длятся около 100 лет. Причем в первые 10 лет происходит общее охлаждение Земли и вместо дождя падает снег. В дальнейшем за счет развития парникового эффекта температуры повышаются, и на протяжении последующих ста лет климат становится влажным и теплым.

Вывод: средняя длительность гляциоэр и термоэр – около 200 млн лет (или кратна этой величине).

2.4. Трансгрессии и регрессии Мирового океана

Как правило, климатические эры влияют на глобальные колебания уровня моря (Рис. 4). В термоэры он повышается, в гляциоэры – понижается, и это понятно: когда тают ледниковые щиты, наступает трансгрессия, когда лед связывает воду – регрессия. Но колебания уровня Мирового океана не только напрямую зависят от ледниковых периодов: оба процесса имеют общую причину – этапы развития суперконтинентов и их географическое положение. Во время максимальной «сборки» сверхматериков

усиливается континентальность климата, что провоцирует начало оледенения. Если сверхматериковый массив образуется в тропиках, то криозера может быть дольше обычных, как было в криогении. Кроме того, во время слияния материков повышается их уровень и понижается уровень моря (Елифанов 2007а: 120–123; 2007б: 119–128).

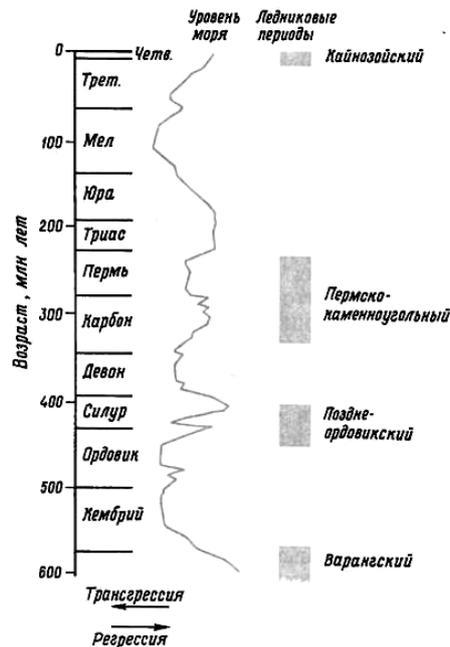


Рис. 4. Совпадение крупных ледниковых периодов и периодов регрессии моря на Земле

Отметим также, что в геологической летописи представлено много других регрессивных периодов, не совпадающих по времени с ледниковыми.

2.5. Биологические катастрофы

Сейчас известно более 10 биологических катастроф (Ипатов 2010; Михайлова, Бондаренко 2006; Свиточ и др. 2004; Черепанов, Иванов 2007).

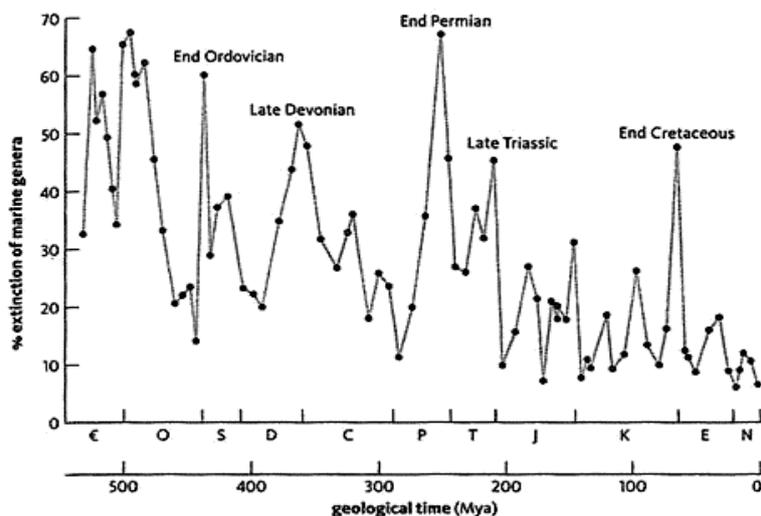


Рис. 5. Процент вымерших морских родов на протяжении фанерозоя (по оси абсцисс – геологическое время в млн лет)

За последние полмиллиарда лет (в фанерозое) произошло 6 самых крупных биокатастроф (Рис. 5):

1. **Четвертичная** катастрофа в конце плейстоцена (12–10 тыс. лет назад). Вымерли мамонты и большинство крупных животных Америки. Время катастрофы совпадает с окончанием ледникового периода. Возможные причины: изменение ландшафта, истребление людьми, падение астероида в Гудзонов залив (Баренбаум 2011: 54–57).

2. **Меловая** катастрофа на границе мелового и палеогенового периодов (65 млн лет назад). Вымерло 16 % семейств, 50 % родов и 67 % всех биологических видов (в том числе все динозавры) (Солнечная... 2009; Черепанов, Иванов 2007).

3. **Триасовая** катастрофа в конце триасового периода (210 млн лет назад). Вымерло 22 % семейств морской фауны и 52 % морской флоры. Ее связывают с падением астероида.

4. **Пермская** катастрофа, или «Большая смерть», в конце перми (251 млн лет назад) – самая масштабная: погибло 95 % всех живых существ, причем только морская фауна потеряла 40–50 % семейств и около 70 % родов (Черепанов, Иванов 2007). Ее связывают с ледниковым периодом между триасом и пермью, а также с последовавшими вулканизмом и глобальным потеплением. Возможно, причиной тоже было падение астероида.

5. **Девонская катастрофа** на исходе девонского периода (364 млн лет назад). В короткий срок погибло до 85 % тогдашних живых видов. Ее связывают с позднедевонским ледниковым периодом и/или падением астероида.

6. **Ордовикская катастрофа** в конце ордовика (450 млн лет назад). Исчезло 25 % семейств морских животных (всего 60 % морских беспозвоночных). Ее связывают с ледниковым периодом между ордовиком и силуrom.

Известны также не такие катастрофические, но тоже массовые вымирания на границах среднего – позднего кембрия (500 млн лет назад), силура – девона (420 млн лет назад) (Михайлова, Бондаренко 2006) и юры – мела (145 млн лет назад) (Епифанов 2007а: 120–123).

Всего за последние 250 млн лет произошло 9 вымираний организмов со средним временным интервалом 30 млн лет (Ипатов 2010). Все это хорошо видно на схеме (Рис. 5). Похожую диаграмму вымираний и расцвета семейств животных приводит Н. Ньювелл (Ушаков, Ясаманов 1984).

Докембрийские биологические катастрофы определяются в основном по резкому сокращению строматолитов – цианобактериальных матов того времени. Обычно это связано с похолоданиями. М. А. Семихатов и М. Е. Раабен выявили в протерозое три резких спада строматолитов (Семихатов, Раабен 1996: 26–54; 1994: 10–32), что описано и графически показано (Рис. 6) Е. М. Хабаровым (2011: 1447–1465).

Из докембрийских известны не менее четырех самых значительных биотических кризисов (Рис. 6). Все они произошли в протерозое.

1. **Вендская катастрофа** в эдиакарии (в приблизительном диапазоне 540–650 млн лет назад). Какая-то глобальная стихия похоронила мириады мягкотелых придонных организмов под толщей осадочных пород. Некоторые связывают ее с варангским оледенением (680–570 млн лет назад) или его окончанием. Либо это было мощное вытеснение бесскелетной фауны скелетообразующими организмами в пору так называемого Кембрийского взрыва (542 млн лет назад). Причем генетической связи между эдиакарской и кембрийской фаунами не наблюдается. В это же время (около 550 млн лет назад) фиксируется кратковременный спад строматолитов (Рис. 4). Начало вендского биокризиса совпадает с началом кадомского тектогенеза (650 млн лет назад).

2. **Третий спад строматолитов** (около 850 млн лет назад). Связан с началом длительного ледникового периода в криогении. Он характеризовался чередой мощных покровных оледенений (не менее четырех), в результате которых лед доходил даже до экватора, чего не было ни за прошедшие 1,2 млрд лет, ни после. Время сокращения биомассы цианобионтов совпадает с началом делейского тектогенеза (860–650 млн лет назад).

3. Судя по диаграмме (Рис. 6), некоторый **спад строматолитов** наблюдается и **в конце мезопротерозоя** (1050–1000 млн лет назад). Он, видимо, связан с гнейсским ледниковым периодом (950–900 млн л. н.), который, возможно, также связан с началом гренвильского тектогенеза (1090–930 млн лет назад). Имеется и более значительный спад строматолитов в эктазийском периоде (1350 млн лет назад) – в начале готского тектогенеза (1360–1210 млн лет назад).

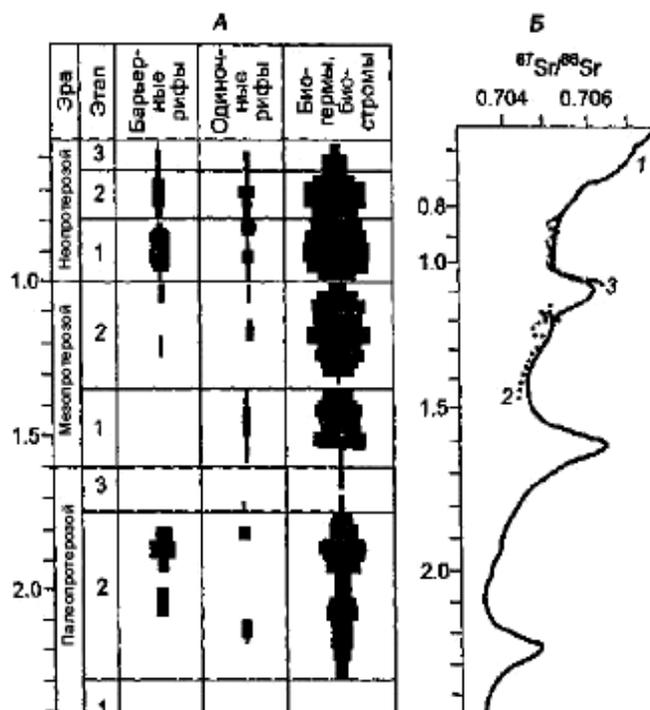


Рис. 6. Этапы формирования строматолитовых построек (А) и кривые изменения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ морской воды (Б) в докембрии

4. **Второй спад строматолитов** (1,75–1,6 млрд лет назад). «Конец палеопротерозоя фиксирует новую эпоху интенсивной редукции строматолитов, связанной с деструкцией основной массы морских седиментационных бассейнов, возрастанием вулканогенно-обломочной седиментации во время заключительной стадии формирования нового суперконтинента» (Колумбии) (Хабаров 2011: 1447–1465). Это время примерно совпадает с началом гудзонского тектогенеза (1,83–1,67 млрд лет назад).

5. **Кислородная катастрофа**, или революция (2,4–2,5 млрд лет назад) (Михайлова, Бондаренко 2006; Свиточ и др. 2004). За счет предшествующей деятельности цианобактерий концентрация кислорода в атмосфере Земли достигла точки Пастера (1 % от современного уровня), что привело к массовому вымиранию анаэробных организмов в начале протерозоя. Предположение о кислородной катастрофе было сделано на основе изучения резкого изменения характера осадконакопления.

6. **Первый спад строматолитов** (2,4–2,3 млрд лет назад). Кроме вышеуказанного смертельного удара по анаэробной части биомассы примерно в это же время произошло резкое сокращение ее фотосинтезирующей части, связанное с гуронским оледенением (2,4–2,1 млрд лет назад) и началом альгонского тектогенеза (2,5–2,2 млрд лет назад). В это время отмечаются лишь единичные находки простых строматолитовых построек, причем в Индии и Африке они не обнаружены вообще. На эти катаклизмы повлияли образование железного ядра Земли 2,6 млрд лет назад и предшествующая «сборка» праматерика Кенорленд 2,8 млрд лет назад. На спад строматолитов могло повлиять и падение крупного астероида, следы которого найдены в породах конца архея 2,5 млрд лет назад.

Заметим, что меловая биологическая катастрофа произошла через 196 млн лет после пермской. Пермская катастрофа произошла спустя 186 млн лет после ордовикской. Ордовикская катастрофа – примерно через 200 млн лет после вендской (если она пришлась на середину варангского оледенения). А от этого времени до третьего спада строматолитов – тоже приблизительно 200 млн лет. Между спадами строматолитов – 700–900 млн лет.

Вывод: средний интервал между кризисами биоценоза – около 200 млн лет (или кратен этой величине).

2.6. Падения сверхбольших метеоритов

Уже найдено много кратеров (и установлен их возраст), оставшихся от столкновения Земли с крупными метеоритами (Ипатов 2010; Солнечная... 2009; Лаборатория... б. г.). Заметим, что если в атмосферу Земли врывалась комета (между кометами и астероидами нет четкой границы), то она могла взорваться без образования кратера. Или кратер упавшего болида может быть еще не найден. Следами таких событий могут быть необычные минералы (например, фрагменты стекла естественного происхождения) или повышенная концентрация нетипичных для Земли элементов.

Вот неполный перечень коллизий, которые могли серьезно изменить климат и химию земных оболочек и стать катастрофическими для биосферы. Сведения взяты из указанных источников и научных новостных серверов. В скобках – возраст кратера или время падения.

1. **Гудзонская комета** (13 тыс. лет назад). Многие факты говорят о том, что около 11 тыс. лет до н. э. в район Гудзонова залива упала комета.

Кратер диаметром 480 км теперь находится на дне залива. Образовалась радиальная система кратерных воронок, залитых водой, и не исключено, что возникли сами Великие озера. В осадочных отложениях появился катастрофный слой, резко обогащенный радиоактивными и редкими химическими элементами, как в породах, синхронных меловой катастрофе. Вероятно, именно этот удар привел к «мезолитической катастрофе», когда вымерли мамонты и многие другие крупные млекопитающие, особенно в Северной Америке (Баренбаум 2011: 54–57).

2. **Аризонский** метеорит (50 тыс. лет назад). Также известен как кратер Бэрринджера, Енотовый холм, Каньон Дьявола. Это пока самый молодой кратер. Его диаметр – 1200 метров, глубина – 185 метров. Вес упавшего астероида был около 10 тысяч тонн, его поперечник – 30–60 м. С его падением закончился ледниковый максимум антропогена.

3. **Египетский** болид упал 100–200 тыс. лет назад в районе Западной пустыни Египта. Он не оставил кратера, но определился по стеклообразным минералам. Скорее всего, это было ядро кометы, которая взорвалась в атмосфере.

4. **Антарктические** метеоритные кратеры (780 тыс. лет). Самый мощный из этих ударов пробил в антарктическом льду отверстие диаметром 322 км. Это привело к таянию 1 % антарктического льда и подъему уровня Мирового океана на 60 см. Время падения болида совпадает с окончанием эоплейстоцена и началом гляциоплейстоцена. А через 30 тыс. лет начался ледниковый максимум, продолжавшийся 700 тыс. лет.

5. **Эльтанинский** кратер (2,5 млн лет). Образовался на морском дне между Южной Америкой и Антарктидой. Последствия были грандиозными (километровые цунами забрасывали морскую фауну вглубь суши), но считается, что никаких вымираний в это время не было. Тем не менее это падение знаменует начало четвертичного периода (2,5 млн лет назад). Примерно к этому же времени относится и железный метеорит Klondike, оба экземпляра которого были найдены в плиоценовых (1,6–5,3 млн лет назад) отложениях Канады.

6. **Азовский** железокремниевый болид (25 млн лет назад). Следы его (ферросилициды) были найдены в скважинах Северного Приазовья на глубине 30–40 м в эллипсе 2×4 км. Болид не оставил кратера. Он не принадлежит ни к одному из известных типов метеоритов, отличаясь отсутствием как кислорода, так и никеля. Не исключены другие ударные события этого времени. 25 млн лет назад произошло временное сокращение антарктического ледникового покрова.

7. **Чесапикский** и **Попигайский** кратеры (около 35 млн лет). По версии, эти кратеры образованы двумя частями более крупного астероида. Первый кратер диаметром 85 км стал Чесапикской бухтой в штате Мэриленд, США (размер астероида оценивается в 3 км). Второй кратер диамет-

ром 100 км образовался на севере Сибири 36–37 млн лет назад (Ипатов 2010) (этот астероид имел диаметр 5 км). Время падений совпадает с началом глобального похолодания в палеогене (примерно 34 млн лет назад, когда зародился ледниковый покров Антарктиды). Отмечается также гибель биоты 30 млн лет назад (Рис. 7, столбец 7) – достаточно массовая, хоть и не «катастрофическая». Возможно, в эту же серию болидных атак входит железный метеорит, обнаруженный в эоценовых (36,6–57,8 млн лет назад) породах при проведении буровых работ по поиску нефти в штате Техас (США), а также метеорит, образовавший канадский 7,5-километровый кратер **Уанапитей** возрастом 37 ± 2 млн лет.

8. **Чиксулубский** кратер (65,2 млн лет) образовался в Мексиканском заливе и на полуострове Юкатан (Мексика) диаметром 175 км (поперечник астероида – около 10 км). Мощность взрыва оценивается в 100 млн мегатонн (Ипатов 2010). Считается, что от этого удара и запыления атмосферы вымерли динозавры, так как «ядерная зима» продолжалась полгода (Солнечная... 2009). Не исключено, что была серия ударов как до, так и после Меловой катастрофы (вокруг «К/Т границы»).

9. **Карская** астроблема (70 млн лет) находится в России, ее диаметр – 65 км. Относится к той же эпохе «бомбардировки динозавров» в конце мелового периода. Отметим также ископаемый метеорит в пограничных мел-палеогеновых (66,4 млн лет) отложениях Северной Атлантики, относящийся к той же серии метеоритных атак.

10. **Болтышский** кратер (55–170, официально – 88 млн лет) диаметром около 25 км и глубиной около 550 м (Украина, Кировоградская обл.). Поскольку его возраст точно не определен, он может быть как одним из «убийц» динозавров, так и частью Пучеж-Катунского болида.

11. Кратер **Госсес Блафф** (144–130 млн лет) в центре Австралии возник в начале мелового периода. Воронка кратера диаметром 4 км окаймлена кольцом обломков диаметром 14 км. При ударе выделилась энергия в сотни тысяч атомных бомб, и болид, разрушив земную кору на 4 км вглубь, бесследно испарился. Возраст кратера совпадает с одним из резких биотических спадов (Рис. 5).

12. **Пучеж-Катунский** кратер (около 170 млн лет) образовался в России (Нижегородская и Ивановская обл.), его диаметр 80 км. Эпоха распада Гондваны (190–120) и Лавразии (200–135) в юрском периоде.

13. Гипотетический «убийца» архаичных рептилий (210 млн лет назад), упавший за 50 000 лет до появления гигантских динозавров. Предполагается по следам иридия. Кратер ищут в Канаде и Австралии. Возможно, им является **Маникуаганский** кратер диаметром 71 км (сначала было 100 км) в центре канадской провинции Квебек. По оценке, этот астероид поперечником 5 км упал 214 млн лет назад. Это пятый по величине известный кратер на Земле.

14. **Австралийские** астероиды (251 млн лет назад), оставившие следующие импактные структуры, считаются причиной «Великого вымирания» на границе перми и триаса: а) 500-километровая воронка под километром льда в Восточной Антарктике (Земля Уилкса к югу от Австралии): по версии, удар был такой силы, что Австралия откололась от Гондванской части Пангеи и отодвинулась к северу; б) ударный кратер Bedout на дне океана близ побережья Северо-Западной Австралии, который оставил астероид поперечником 6,4–11,2 км (возможно, это был кусок первого). Другими признаками такого грандиозного импакта были обнаруженные японскими геологами в пермском грунте южного Китая значительные количества серы и изотопов стронция.

15. Кратер **Вудлей** (по оценкам, 360 млн лет) диаметром примерно 120 км (Западная Австралия) и поперечником астероида, вероятно, 5 км. В окружающем граните найдены богатые вкрапления ценных элементов вроде никеля, хрома, меди и т. п. Время падения метеорита, образовавшего этот кратер, почти совпадает с девонским вымиранием (около 364 млн лет назад).

16. **Ордовикская** метеоритная атака (470 млн лет назад). В конце ордовикского периода в космосе столкнулись два астероида размерами около 1000 км. Метеориты-обломки (до 1 км в поперечнике) достигли Земли 470 млн лет назад и могли стать отдаленной причиной Ордовикского биокризиса (450 млн лет назад). Следы бомбардировки (редкие изотопы хрома и осмия) видны в породах того периода. Эта атака могла спровоцировать и наступление Позднеордовикской ледниковой эпохи (460–420 млн лет назад). Обломки столкновения (L-хондриты) до сих пор выпадают на Землю, составляя 20 % падающих метеоритов. Кроме них также найден ископаемый метеорит в ордовикских (438–505 млн лет) отложениях Брунфло (Швеция).

17. Кольцевая структура **Ришат** (500–600 млн лет) в Сахаре (Мавритания) диаметром 50 км внутри синеклизы Таудени. Происхождение неизвестно – и метеоритная, и вулканическая версия имеют противоречия. Время возникновения находится у границы фанерозоя. Возможно, образование структуры является причиной вендского или позднекембрийского вымирания.

18. **Акраманская** астроблема (0,57 или 1,6 млрд лет) – самая крупная импактная структура в Австралии (хр. Голер) диаметром 85 км, вызванная падением тела поперечником 4 км и плотностью 3 г/см³ при скорости 25 км/с. Взрыв привел к распространению обломков на расстояние до 450 км. Возраст горизонта выбросов – 600 млн лет, возраст вулканического стекла и обломков – 1575 млн лет. Горизонт аномально богат иридием, золотом, платиной, палладием, хромом и рутением.

19. **Садберийский** кратер (1,9 млрд лет) образовался в Канаде (провинция Онтарио), диаметр – 248 км (поперечник астероида – около 10 км). По периметру кратера найдены крупнейшие залежи никелевой и медной руды.

20. Кратер **Вредефорт** в ЮАР (2,0 млрд лет) диаметром более 300 км (поперечник астероида – около 10 км). По времени образования совпадает с окончанием Гуронского оледенения. Если не считать 500-километровый кратер в Восточной Антарктике, Садберийская и Вредефортская астроблемы – крупнейшие на Земле. Обе возникли в орозирийском периоде палеопротерозойской эры, и вторая половина этого периода отмечена интенсивным горообразованием практически на всех континентах (Балтийский тектогенез 1,98–1,83 млрд лет назад).

21. Кратер **Суавьярви** в Карелии (2,4 млрд лет назад) диаметром 16 км совпадает по времени с первым спадом строматолитов (2,4 млрд лет назад) и началом Гуронского оледенения (примерно 2,5–2,0 млрд лет назад) в палеопротерозое.

22. Также найдены следы падения крупного астероида в конце архея (2,5 млрд лет назад). В пластах того времени обнаружены сферулы (полые стеклообразные капли) – такие же, как от Чиксулубского суперметеорита. Это совпадает с началом альгонкского тектогенеза и «кислородной катастрофы» (2,5 млрд лет назад).

23. Середина архея (рубеж палеоархея и мезоархея 3,24 млрд лет назад) отмечена падением трех крупных астероидов (поперечником от 20 до 50 км), радикально изменивших строение земной поверхности. Они тоже определены по остаткам сферул. Следы первых двух импактов найдены в Барбертонских горах Австралии на территории древнего кратона **Пилбара**, а следы третьего – в Южной Африке на территории древнего кратона **Капвааль** (Симпсон 2010: 24–31). Эта астероидная атака изменила конвекцию мантии и привела к образованию данных древнейших кратонов, сформировавших впоследствии первый суперконтинент **Ваальбару**.

24. На рубеже между катархеем и археем (3,9 млрд лет назад) произошла массовая бомбардировка метеоритами, в результате которой Земля обогатилась фосфором и появились условия существования жизни на основе РНК. Эту астероидную атаку, длившуюся от 20 до 200 млн лет и испещрившую кратерами также лунную поверхность, называют «лунным катаклизмом».

Возможно, это совпадение, но видно, что Земля испытывает не только эпизодические столкновения с крупными болидами, но и их «серийные нападения» (0,78; 34–37; 65–70; 251; 470; 1900–2000; 2400–2500; 3240 млн лет назад). Результатами таких массивных атак являются, как правило, биотические кризисы (30, 65, 210, 251, 364, 450, 2400 млн лет назад –

см. раздел 2.5) или резкие похолодания (34, 460, 2500 – см. раздел 2.3), либо тектонические события (49, 251, 1980, 3240 млн лет назад).

Последний случай можно назвать астерогенным тектонизмом, вызывающим многочисленные последствия. Серийные падения крупных астероидов активизируют движение мантии, вулканизм, горообразование и дрейф литосферных плит. В местах падений возникают разломы (и даже, возможно, откалывание частей материков). В то же время за счет падающих болидов происходит наращивание континентальных масс и появление на них компактных залежей полезных ископаемых.

2.7. Другие периодически повторяющиеся события в развитии Земли

На Земле существует много других периодических явлений длительностью в десятки и сотни миллионов лет: ритмы осадконакопления, циклы образования полезных ископаемых и пр. Например, на Рис. 1 мы можем увидеть, что периоды интенсивного осадконакопления повторялись примерно каждые 100 млн лет с максимальными значениями приблизительно каждые 400 млн лет.

Глубоко и многосторонне изучил связь геологических и космических процессов Владимир Александрович Епифанов (ФГУП «СНИИГГиМС», г. Новосибирск). Он исследовал взаимосвязь периодичности изменения климата, колебания уровня моря, тектонической активности, внедрения якутских кимберлитов и накопления нефти (Епифанов 2007а; 2007б). Как сторонник пульсационной концепции, Епифанов связывает эти процессы с периодическими глобальными пульсациями земного шара, причиной которых он считает циклические факторы при движении Солнечной системы вокруг центра Галактики.

В. А. Епифанов выявил следующие геогалактические циклы (Рис. 7):

1. **216 млн лет** (1 галактический оборот): 1) массовые вымирания органического мира (строка 7); 2) период нефтенакопления (строка 5).

2. **432 млн лет** (2 галактических оборота), «трицикл тектогенеза»: 1) колебания уровня Мирового океана (строка 7) (Свиточ и др. 2004; Ушаков, Ясаманов 1984); 2) динамика активности рифтогенеза и спрединга (строка 4); 3) чередование холодных и теплых климатических эр (строка 6) (Свиточ и др. 2004). В первую половину этого цикла начинается и завершается глобальное расширение Земли, а во вторую – ее сжатие, во время которого формируются суперконтиненты. Ледниковые периоды группируются в гляциозеры, которые совпадают с глобальным сжатием планеты, что может быть отчасти объяснено континентализацией Земли. А при каждом расширении планеты наступает термоэра.

3. **864 млн лет** (4 галактических оборота), «мегацикл геогенеза»: чередование океанизации (преобладающего спрединга) в Северном и

Южном полушариях указывает на необходимость объединения двух «трициклов тектогенеза» в единый мегацикл геогенеза. В его рамках в первую глобальную пульсацию (1-й трицикл тектогенеза) в фазу расширения Земли в основном «раздувается» Южное полушарие, вследствие чего материка отесняются в район Северного полюса, где они в фазу сжатия планеты формируют суперконтинент. Во вторую глобальную пульсацию (2-й трицикл) наблюдается обратное: в фазу расширения радиус Земли растет за счет распада суперконтинента и океанизации в Северном полушарии, а в фазу глобального сжатия на юге формируется новый суперконтинент.

4. **144 млн лет** ($2/3$ галактических оборота): цикл тектогенеза. В. А. Епифанов полагает, что за 432 млн лет происходит 3 цикла тектогенеза (строка 2). Поэтому период в 2 галактических оборота он называет «трициклом тектогенеза».

5. **86,4 млн лет** ($2/5$ галактических оборота): «драконический период». В. А. Епифанов считает, что этот цикл (строка 3) представляет собой ритм синусоидального пересечения Солнечной системой плоскости Галактики. Полупериоды этих ритмов (выделено квадратами) хорошо согласуются с ломаной кривой активизации рифтогенеза и спрединга и контролируют время формирования и распада Пангеи, а также закономерно сочетаются с трициклом тектогенеза (5 полупериодов по 43,2 млн лет). (Хотя, на взгляд автора статьи, расстояния между максимумами и минимумами динамической кривой кратны периоду приблизительно в 50 млн лет.) Также этот цикл является вторым шагом в периодичности массовых вымираний.

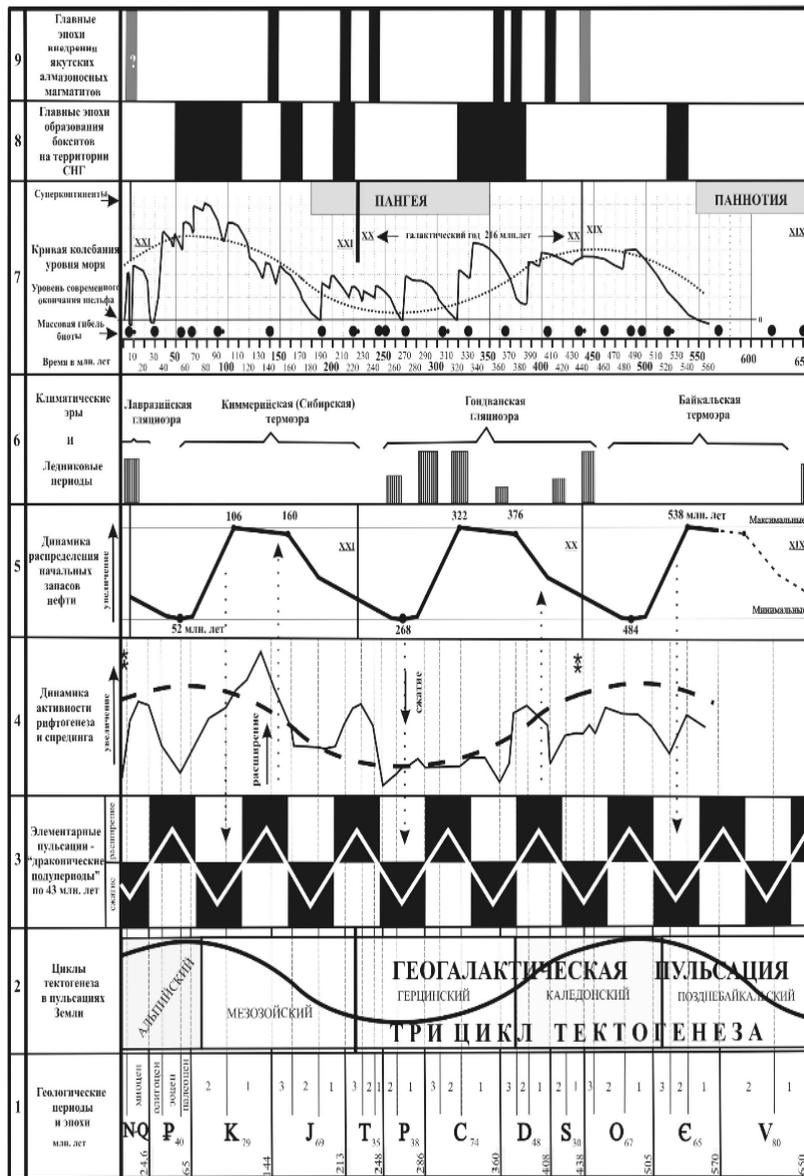


Рис. 7. Единство геологических циклов и галактических пульсаций по В. А. Епифанову

Заметим также, что спады нефтенакопления (строка 5 диаграммы) почти совпадают по времени с меловой, пермской и ордовикской биологическими катастрофами (см. раздел 2.5), которые произошли соответственно 65, 251 и 450 млн лет назад.

3. Хронологические сравнения

Сведем теперь воедино все эти ключевые события на основе геохронологической шкалы.

3.1. Сравнение этапов истории Земли с периодами вращения Галактики

При просмотре геохронологической шкалы (Корень 2009) можно заметить, что все геологические эры (кроме еще продолжающейся кайнозойской) приблизительно кратны 200 млн лет, что примерно совпадает с галактическим годом (галактиком):

- 1) мезозой – 185 млн лет (около 1 галактика);
- 2) палеозой с эдиакарием – 385 млн лет (почти 2 галактика);
- 3) неопротерозой без эдиакария – 365 млн лет (тоже около 2 галактиков);
- 4) мезопротерозой – 600 млн лет (3 галактика);
- 5) палеопротерозой – 900 млн лет (4–5 галактиков);
- 6) неоархей – 300 млн лет (1–2 галактика);
- 7) мезоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 8) палеоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 9) зоархей – 400 млн лет (2 галактика);
- 10) катархей – 600 млн лет (3 галактика).

Солнечная система за 180–250 млн лет (сейчас считается – 220 млн лет) делает полный оборот вокруг центра Галактики (Астрономия... 2008). За это время, возможно, наша планетная система испытывает периодическое гравитационное или радиационное влияние каких-либо скоплений материи или соседней галактики. Для ориентировочных расчетов будем использовать значение 200 млн лет.

Рассмотрим геохронологическую таблицу, в которой геологические отрезки времени приведены в соответствие с галактическими годами. Расположим в ней ключевые события истории Земли и проанализируем их взаимосвязь (см. Приложение, Табл. 1).

Хронология в таблице дана в миллионах лет – по данным 2009 г. (Корень 2009). Ниже – названия каждого временного отрезка, в скобках – их продолжительность. По каждому периоду приведены важнейшие события в истории Земли – геологические и биологические.

Результаты сравнения приведены в разделе 4.

3.2. Сравнение между собой поздних этапов истории Земли, равных галактическому обороту

В данном сравнении (см. *Приложение*, Табл. 2) палеозойская эра разделена на 2 части – неопалеозойская (от перми до силура) и эопалеозойская (ордовик, кембрий и эдиакарий из верхнего протерозоя). Каждая из этих частей соответствует одному галактическому обороту. При этом верхний и нижний мел считаются отдельными периодами, а из эдиакарского периода выделен лапландский. Это сделано потому, что длина мелового и эдиакарского периода примерно в 2 раза больше средней длины других геологических периодов. Длительность этапов дана в миллионах лет.

Для будущих периодов кайнозойской эры (после палеогена) предложены названия:

1. Тетратогеновый («четвертый», считая от палеогена), или акрогеновый («крайний») период.

2. Триогеновый («третий»), или диадохогеновый («сменяющий») период. Встречается также название «футуроген».

3. Дейтерогеновый («второй»), или нуногеновый («нынешний») период, – включает неогеновый с антропогеновым и закончится примерно через 25 млн лет.

По аналогии с этими названиями палеогеновый период тоже можно назвать протогеновым («первым»).

Таким образом, каждая эра (соответствующая одному галактическому обороту) делится на 4 периода продолжительностью около 50 миллионов лет. Этот период контролирует динамику рифтогенеза и спрединга, что хорошо видно в третьей строке диаграммы В. А. Епифанова (Рис. 7).

Вышеприведенные 4 эры составляют один фанерозойский зон. Как мы видели в разделе 2.1, цикл формирования суперконтинентов составляет примерно 800 млн лет. На основании этого можно и докембрийские эры объединять по 4 в один зон.

3.3. Сравнение хронологий Земли, Луны и ряда планет Солнечной системы

Для сравнения с геохронологической шкалой Земли автору пока доступны сведения о периодизации истории Луны (Wilhelms 1987), Марса (Carr, Head 2010: 185–203) и Меркурия (Spudis, Guest 2001) (можно надеяться, что имеется и геохронология Венеры). В Табл. 3 (см. *Приложение*) приведены этапы развития этих планет для сравнения. Временные рамки и продолжительность (в скобках) эпох указаны в миллионах лет.

В данной таблице мы видим, что геологические истории Луны и Меркурия имеют схожую периодичность. Причем все периоды Луны (кроме Имбрийского) и эры Меркурия (кроме Позднекалорской) начинаются вместе с современными им эрами Земли. Границы трех эпох Марса также

совпадают с границами эр Земли (того же возраста). И все они примерно кратны галактическим циклам.

Еще заметим, что аналоги земного катархейского (доархейского) эона длительностью около полумиллиарда лет также имеются у всех рассмотренных космических тел.

4. Результаты сравнения и дальнейшие задачи

Из хронологического анализа геологических и биологических событий можно увидеть следующее:

1. 9 из 24 галактических циклов начинались с оледенения (34, 460–420, 680–570, 780–710, 950–900, 1200, 2400–2100, 2650, 2900 млн лет назад). От современной кайнозойской эры до начала мезопротерозойской эры это правило выполняется без исключений. О более древних эпохах мы, вероятно, не располагаем полными сведениями.

2. В области границ галактических – как правило, вымирание (тоже в 9 случаях из 24: 65, 251, 450, 600, 850, 1050–1000, 1350, 1800–1600, 2400 млн лет назад).

3. Вымирание вызвано обычно переохлаждением климата (почти каждое оледенение вело к вымиранию). Иногда предполагают перегревание за счет вулканической деятельности.

4. Вымирание часто связано с падением гигантских астероидов (0,01; 65; 210; 251; 360; 470; 2400 млн лет назад). Обычно это ведет к «ядерной зиме» (концепция Г. Ф. Лунгерсгаузена), а также, возможно, к усилению вулканизма – поэтому иногда предполагают перегревание, а на самом деле вначале происходит переохлаждение.

5. Девонское оледенение, возможно, вызвано падением астероида (или астероидов). Для гнейсеского оледенения и тонии также предполагают астероидную атаку (в это же время начал раскалываться суперконтинент Родиния). Метеоритная активность не обязательно ведет к началу ледникового периода – эти процессы могут иметь общую (внешнюю) причину.

6. Не исключено, что раскол некоторых материков (Симпсон 2010: 24–31) вызывается именно падением гигантских астероидов (такие события редко рассматриваются при исследовании тектоники праматериков).

7. По-видимому, на границе галактических в Солнечной системе усиливается метеоритный поток, либо это связано с гравитационными возмущениями различных астероидных зон, либо эти астероиды экстрасолнечного происхождения.

8. Также заметим, что каждый галактический цикл характеризуется, как правило, собственной эпохой тектогенеза.

А. А. Баренбаум считает, что «основные события геологического прошлого, положенные в основу рубрикации современной стратиграфии-

ческой шкалы, отражают не только эндогенную эволюцию Земли, но и являются индикаторами мощных космических воздействий, которым она подвергалась с момента образования. На протяжении всей геологической истории Земли характер этих воздействий не менялся и фактически сводился к падению на нашу планету крупных космических тел: астероидов и комет. Поэтому данная шкала, построенная в виде системы вложенных друг в друга циклов разной длительности, представляет собой эмпирическую классификацию реакций на такие воздействия отдельных подсистем Земли... Границы шкалы на уровне эонотем определяются эпохами массового падения на Землю тел астероидного пояса при взаимодействиях Солнца с другими звездами Галактики. Стратоны ранга систем и отделов – это времена бомбардировок Земли галактическими кометами в эпохи попадания Солнца в струйные потоки и спиральные рукава Галактики. А подразделения шкалы начиная с ярусов и мельче – это моменты падения на Землю крупных одиночных космических тел» (Баренбаум 2011: 54–57).

Определение природы регулярного галактического воздействия на развитие Земли – тема отдельной статьи, в которой могут исследоваться, например, такие причины:

- 1) периодические изменения орбитальных величин Солнечной системы;
- 2) радиационное воздействие от вспышки соседней сверхновой звезды;
- 3) возмущение малых космических тел Солнечной системы пролетающей рядом звездой, обмен с ней планетами;
- 4) регулярное пересечение спиральных рукавов Галактики;
- 5) возмущение астероидного пояса или кометного облака гиперскоростными беглыми планетами или звездами;
- 6) воздействие срывающихся сферических оболочек из центра Галактики;
- 7) воздействие высокоскоростных потоков вещества от разрушенных карликовых галактик;
- 8) влияние галактик-спутников.

5. Реформа геохронологической шкалы

Целесообразно привести существующую геохронологическую шкалу в соответствие с галактическими циклами. Назовем эрой период времени в 1 галактик, который, как замечено выше, характеризуется собственной эпохой тектогенеза. Поскольку циклы образования материков занимают 4 галактических оборота (см. раздел 2.1), объединим каждые 4 эры в один эон. Получится хронологическая система, состоящая из 24 эр и 6 эонов по 4 эры (см. Приложение, Табл. 4).

Здесь сидерий из протерозоя переведен в архей, а ранняя часть эоархея – в катархей. Катархей полностью соответствует лунному периоду по

геосинклинальной концепции В. И. Смирнова (Старостин, Игнатов 2006), а нижний архей – нуклеарному периоду.

Галациклы, при которых на Земле был холодный климат, выделены светло-серым фоном, теплый климат – темно-серым.

Кайнозой, по изложенным оценкам, будет продолжаться еще около 120–130 миллионов лет, и в его конце (позднем тетрагогене) возможны катастрофические события и глобальное изменение климата. Скорее всего, это будут бомбардировка крупными астероидами, масштабный ледниковый период и, возможно, раскол каких-то материков.

В течение каждого зона формировался свой суперконтинент (максимальная «сборка» – ровно в середине зона на границе двух внутренних эр). Поэтому называть зоны можно по этим суперматерикам, например:

1. Фанерозой – Пангеазой (эпоха жизни на суперматерике Пангея и ее частях).

2. Верхний протерозой – Мезогеазой (эпоха жизни на Мезогее, или Родинии), либо Родинианий. Примерно соответствует Рифею старой хроностратиграфической шкалы.

3. Нижний протерозой – Мегагеазой (эпоха жизни на Мегагее, или Колумбии), либо Колумбианий. Примерно соответствует Афебию (Карелию) старой хроностратиграфической шкалы.

4. Верхний архей – Моногеазой (эпоха жизни на Моногее, или Кенорленде), либо Кенорлендий.

5. Нижний архей – Археогеазой (эпоха жизни на Археогее, если так назвать первый суперконтинент Ваальбару), либо Ваальбарий.

6. Катархей – Прекратоний («доплатформенный»), или Лунарий. Можно было бы оживить старое название – Гадей («адский»), но вряд ли это научно верно. Все больше данных свидетельствует о том, что климатические и геохимические условия в ту пору были отнюдь не адскими для возможной жизни. Скорее всего, уже в раннем катархее «безвидная и пустая Земля» была покрыта сетью морей, где процветала еще не «зеленая», а «красная» нанобактериальная жизнь, основанная на реакциях с железом (Воробьева 2007), как было на Марсе.

Через 200–300 млн лет на Земле сформируется новый суперконтинент. Его называют Пангея Ультима, Неопангея, Амазия. Если использовать более короткое и легкопроизносимое название Амазия, то новый эон после Фанерозоя можно назвать Амазизоем, или Амазианием.

6. Заключение

В заключение приходим к следующим выводам:

1. В результате сравнения хронологических шкал Земли и Луны обнаружена их согласованность и кратность периодам по 200 млн лет (приблизительно). Причиной здесь может служить не внутренний планетарный,

а космический фактор. Предполагается, что им является вращение самой нашей галактики с тем же периодом около 200 млн лет («галактикл»).

2. Это явление должно наблюдаться и при хронологическом исследовании других планет – как Солнечной системы, так и экстрасолнечных планет (экзопланет) в звездных системах Млечного Пути.

3. Вращение Галактики определяет наиболее крупные эпохи эволюции планет, начало которых связано с драматическими, как правило, катастрофическими событиями. Эти эпохи можно назвать истинными эрами.

4. В течение четырех галактиков происходит формирование своего суперконтинента, поэтому 4 геологические эры можно объединить в 1 эон, соответствующий полному циклу Уилсона.

5. Максимальная «сборка» суперконтинента происходит ровно в середине эона на границах его 2-й и 3-й эр. Кроме этих долговременных суперконтинентов могут образовываться временные. Трансгрессия Мирового океана асинхронна формированию этих сверхматериков.

6. Каждая эра представлена, как правило, собственной орогенной эпохой, то есть соответствует отдельному циклу Бертрана.

7. Криозеры и термоэры чередуются: каждая четная эра является холодной, каждая нечетная – теплой (независимо от оледенений на их границах или в их начале). Это показано В. А. Епифановым (см. раздел 2.6).

8. В середине каждой эры происходит расцвет биоты (даже в гляциоэрах) и максимум нефтенакопления, на границах эр – массовые вымирания и минимум нефтенакопления.

Таким образом, геохронологическая шкала обретает твердую физическую основу.

Благодарности

Автор статьи выражает огромную благодарность главному научному сотруднику ФГУП «СНИИГГиМС» доктору геолого-минералогических наук Г. Н. Черкасову за предоставленные интереснейшие статьи В. А. Епифанова.

Библиография

Астрономия: век XXI / Ред.-сост. В. Г. Сурдин. 2-е изд., испр. и доп. Фрязино: Век 2, 2008.

Баренбаум А. А. 2011. О причинах двух наиболее значимых событий голоцена. *Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода* (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.): в 2 т. / Отв. ред. О. П. Корсакова, В. В. Колька, с. 54–57. 2011. Т. 1. (А–К). Апатиты; СПб.

- Большаков В. А. 2011.** Что такое «теория Миланковича»? *Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Материалы VII Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода* (г. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г.); в 2 т. / Отв. ред. О. П. Корсакова, В. В. Колька, с. 77–80. Т. 1 (А–К). Апатиты; СПб.
- Воробьева Л. И. 2007.** *Археи*. М.: Академкнига.
- Вылцан И. А., Беженцев А. Ф., Беженцев С. А. 2008.** Основы ритмостратиграфического, фашиально-циклического и формационного анализа. *Вестник Томского государственного университета* 307 (февраль). *Науки о Земле*.
- Габдуллин Р. Р., Ильин И. В., Иванов А. В. 2011.** *Введение в палеоглобалистику*: уч. пособ. М.: Изд-во МГУ.
- Герасимов И. П., Марков К. К. 1939.** *Четвертичная геология (Палеогеография четвертичного периода)*. М.: ГУПИ Наркомпроса РСФСР.
- Джон Б., Дербшир Э., Янг Г., Фейрбридж Р., Эндрюс Дж. 1982.** *Зимы нашей планеты: Земля подо льдом*. М.: Мир, Ред. лит-ры по геологии.
- Епифанов В. А. 2006.** Дегазационная гипотеза возникновения глобальных оледенений. *Вопросы географии Сибири* 26: 81–90.
- Епифанов В. А. 2007а.** Геологические циклы и геохронологическая шкала в системе галактических пульсаций Земли. *Новые идеи в науках о Земле: Материалы VIII Международной конференции*. Т. 1, с. 120–123. М.
- Епифанов В. А. 2007б.** Цикличность нефтенакопления в пульсациях Земли, астрогеологический контроль генезиса углеводородов и биопоэз. *Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии»*: сб. материалов, с. 119–128. СПб.: ВНИГРИ.
- Епифанов В. А. 2009.** Вклад Томской геологической школы в идею пульсационного развития Земли. *Известия Томского политехнического университета* 314(1): 101–104.
- Ипатов С. И. 2010.** *Миграция небесных тел в Солнечной системе*. М.: Физматлит.
- Климат в эпохи крупных биосферных перестроек / Гл. ред. М. А. Семихатов, Н. М. Чумаков. Труды ГИН РАН. Вып. 550. М.: Наука, 2004.**
- Ковалев С. Г. 2010.** *Основы исторической геологии*. Уфа.
- Корень Т. Н. 2009.** *Международная стратиграфическая шкала докембрия и фанерозоя: принципы построения и современное состояние*. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ.
- Михайлова И. А., Бондаренко О. Б. 2006.** *Палеонтология*. М.: Изд-во МГУ.
- Лаборатория метеоритики. Б. г.** Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского (Геохим РАН). URL: www.meteorites.ru.
- Свиточ А. А. 2008.** Ледниковые пустыни в истории Земли. *Природа* 3: 47–52.
- Свиточ А. А., Сорохтин О. Г., Ушаков С. А. 2004.** *Палеогеография: учебник*. М.: Академия.

- Семихатов М. А., Раабен М. Е. 1994.** Динамика глобального разнообразия строматолитов протерозоя. Ст. 1. Северная Евразия, Китай, Индия. *Стратиграфия. Геологическая корреляция* 2(6): 10–32.
- Семихатов М. А., Раабен М. Е. 1996.** Динамика глобального разнообразия строматолитов протерозоя. Ст. 2. Африка, Австралия, Северная Америка и общий синтез. *Стратиграфия. Геологическая корреляция* 4(1): 26–54.
- Серебрянный Л. Р. 1980.** *Древнее оледенение и жизнь*. М.: Наука.
- Симпсон С. 2010.** Бурное рождение континентов. Удары астероидов по молодой Земле создали первые фрагменты современных материков? *В мире науки* 3: 24–31.
- Солнечная система / Ред.-сост. В. Сурдин.** М.: Физматлит, 2009.
- Старостин В. И., Игнатов П. А. 2006.** *Геология полезных ископаемых*. М.: Академический Проект; Фонд «Мир».
- Ушаков С. А., Ясаманов Н. А. 1984.** *Дрейф материков и климаты Земли*. М.: Мысль.
- Хабаров Е. М. 2011.** Карбонатная седиментация в мезонеопротерозойских бассейнах юга Восточной Сибири и некоторые вопросы эволюции рифообразования в докембрии. *Геология и геофизика* 52(10): 1447–1465.
- Ханн В. Е., Халилов Э. Н. 2009.** *Цикличность геодинамических процессов: ее возможная природа*. М.: Научный мир.
- Черепанов Г. О., Иванов А. О. 2007.** *Палеозология позвоночных*. М.: Академия.
- Carr M. H., Head J. W. 2010.** Geologic History of Mars. *Earth and Planetary Science Letters* 294: 185–203. URL: <http://www.planetary.brown.edu/pdfs/3438.pdf> (7. Relative Ages).
- Spudis P. D., Guest J. E. 2001.** *Stratigraphy and Geologic History of Mercury*. Lunar and Planetary Institute, 3600 Bay Area Blvd., Houston TX 77058. Page 138, Table I – Mercurian Chronostratigraphic Scheme. Mercury: Space Environment, Surface, and Interior. URL: <http://www.uapress.arizona.edu/onlinebks/Mercury/MercuryCh7.pdf> (III. Stratigraphy).
- Strasser A., Hilgen F. J., Heckel P. H. 2006.** Cyclostratigraphy – Concepts, Definitions, and Applications. *Newsletters on Stratigraphy* 42: 75–114.
- Wilhelms D. E. 1987.** *The Geologic History of the Moon*. U.S. Geological Survey Professional Paper 1348. U.S. Government Printing Office, Washington. P. 130, Table 7.3 – Stratigraphic Criteria for Lunar Time-stratigraphic Units. URL: http://ser.sese.asu.edu/GHM/ghm_07txt.pdf (7. Relative Ages).

Приложение

Табл. 1. Ключевые космические, геологические, биологические события Земли

История Земли					Обращение Галактики	
Эоны	Эры	Периоды	Начало	Астрогеобиологические события	Галациклы	Начало
Фанерозой (542)	Кайнозой (66)	Антропоген (2,6)	2,6	Эльтантинский астероид (2,5). Появление человека (2,5). Ледниковый период (1–0,01). Гудзонская комета (0,011). Вымирание крупных зверей (0,01)	Современный 24-й галацикл (66). Начался с похолодания и массового вымирания. Совпадает с Лавразийской гляциоэрой	66
		Неоген (20)	23	Антарктида покрылась льдом. Азовский астероид (25)		
		Палеоген (43)	65,5 ±0,3	Альпийский тектогенез (50–0). Чесапикский и др. астероиды (35). Глобальное похолодание (34) (льды Альп, Антарктиды; астероид)		
	Мезозой (185)	Мел (80)	145,5 ±0,4	Киммерийский тектогенез (90–50). Чиксулубский и др. астероиды (65). Вымерло 2/3 видов (в том числе динозавры) (65). Кратер Госсес Блафф (144–130)	23-й галацикл (185). Начался с вымирания. Совпадает с Сибирской термоэрой	251
		Юра (54)	199,6 ±0,6	Распад Гондваны (190–120?). Распад Лавразии (200–135). Пучеж-Катунский астероид (175)		
		Триас (51)	251,0 ±0,4	Распад Пангеи (220–150). Исчезла половина видов (210). Маникуганский кратер (214)		

Продолжение табл. 1

	Палеозой (291)	Пермь (48)	299,0 ±0,8	Образование Пангеи (300). Герцинский тектогенез (260–90). Австралийские астероиды (251). Вымерло 95 % видов (251)	22-й галацикл (193). Начался с оледенения и вымирания. Совпадает с Гондванской гляциоэрой	444
		Карбон (60)	359,2 ±2,8	Гондванское оледенение (340–240, макс. 280)		
		Девон (57)	416,0 ±2,5	Каледонский тектогенез (410–260). Оледенение (370–350). Вымерло 85 % видов (364). Кратер Вудлей (360)		
		Силур (28)	443,7 ±1,5	Выход на сушу растений и животных. Силур-девонское вымирание (~420)		
		Ордовик (44)	488,3 ±1,7	Объединение материков: на севере – Лавразия, на юге – Гондвана. Ледниковый период (460–420). Гибель 25 % морских семейств (450). Астероидная атака (470)	21-й галацикл (191). Начался с оледенения и вымирания. Совпадает с Балтийской термоэрой	635
Кембрий (54)	542,0 ±1,0	7 материков-платформ. Салаирский тектогенез (520–410). Взрыв видообразования (540–530). Байконурское оледенение (540). Позднекембрийское вымирание (500). Кольцевая структура Ришат (500–600)				
Протерозой (1958)	Неопротерозой (458)	Эдиакарий (93)	635	Начало распада Лавразии. Кадомский тектогенез (650–520). Вендское вымирание (~600). Варангское оледенение (680–570)		

Продолжение табл. 1

		Криогений (215)	850	Распад Родинии (750). Делийский тектогенез (860–650). Эпоха «Земля-снежок» с чередой глобальных оледенений. Среди них – Стертская ледниковая эпоха (810–710). Спад строматолитов (850)	20-й галацикл (215). В начале – оледенение и вымирание. В конце – оледенение. Африканская гляциоэра – самая масштабная	850
		Тоний (150)	1000	Начало распада Родинии (850). Байкальский тектогенез (930–860). Гнейсеское оледенение (950–900). Спад строматолитов (1050–1000). Астероидная атака?	19-й галацикл (150). Начался с оледенения и вымирания	1000
Мезопротерозой (600)		Стений (200)	1200	Возник суперматерик Родиния. Эльсонский тектогенез (1210–1090). Гренвильский тектогенез (1090–930). Тимискаминское оледенение (1200)	18-й галацикл (200). Начался с оледенения	1200
		Экгазий (200)	1400	Лаксфордский тектогенез (1490–1360). Готский тектогенез (1360–1210). Спад строматолитов (1350)	17-й галацикл (200). Начался со спада циано-бионтов	1400
		Калимий (200)	1600	Гуронский тектогенез (1670–1490). Первые находки эукариот. Акраманская астроблема (1575)	16-й галацикл (200)	1600
Палеопротерозой (900)	Статерий (200)	1800	Максимальная «сборка» сверхматерика Колумбия. Гудзонский тектогенез (1830–1670). Спад строматолитов (1800–1600). Уровень кислорода стал современным	15-й галацикл (200). Спад циано-бионтов	1800	

Окончание табл. 1

		Орозирий (250)	2050	Балтийский тектогенез (1980–1830). Садберийский астероид (1900). Вредефортский астероид (2000)	14-й галактик (250)	2050
		Риасий (250)	2300	Карельский тектогенез (2230–1980)	13-й галактик (250)	2300
		Сидерий (200)	2500	Альгонкский тектогенез (2500–2230). Кислородная катастрофа (2400). Суавьярвийский астероид (2400). Гуронское оледенение (2400–2100). Исчез парниковый эффект. Облачность, ливни, снегопады. Спад строматолитов (2500–2400).	12-й галактик (200). Начался с оледенения и вымирания. Канадская гляциоэра (2500–2000)	2500
Архей (1500)	Неоархей (300)		2800	Макс. «сборка» праматерика Кенорленд. Беломорский тектогенез (2700–2500). Образование плотного ядра Земли (2600). Неоархейское оледенение (2650). Древнейшие следы присутствия эукариот	10-й и 11-й галактик (между ними оледенение)	(2650) (2800)
	Мезоархей (400)		3200	Кольский тектогенез (3050–2700). Оледенение кратона Капваал (2900)	8-й и 9-й галактик (между ними оледенение)	(3000) (3200)
	Палеоархей (400)		3600	Образование праматерика Ваальбара (3300 или раньше). Белозерский тектогенез (3500–3050). Падение 3 крупнейших астероидов (3240), преобразивших земную кору	6-й и 7-й галактик	(3400) (3600)
	Эоархей (400)		4000	Древнейшие осадочные породы формации Исуа (3800) со следами фотосинтезирующих организмов. «Лунный катаклизм»	4-й и 5-й галактик	(3800) (4000)
Катархей (600)			4600		1-й, 2-й и 3-й галактик	(4200) (4400) (4600)

Табл. 2. Продолжительность геологических эр и периодов фанерозоя в сравнении

Кайнозойская эра (24-й галацикл)			Мезозойская эра (23-й галацикл)		
Период	Длина	Начало	Период	Длина	Начало
Тетратоген	~50	через ~100	Верхний мел	34?	100?
Тритоген	~50	через ~50	Нижний мел	46?	146
Дейтероген	пока 23	23	Юра	54	200
Палеоген	43	66	Триас	51	251

Неопалеозойская эра (22-й галацикл)			Эопалеозойская эра (21-й галацикл)		
Период	Длина	Начало	Период	Длина	Начало
Пермь	48	300	Ордовик	44	488
Карбон	60	359	Кембрий	54	542
Девон	57	416	Эдиакарий	47?	589
Силур	28	444	Лапландий	46?	635

Табл. 3. Сравнение хронологических шкал Земли и ближайших космических объектов

История Земли			История Луны		История Меркурия		История Марса		Обращение Галактики	
Эоны	Эры	Начало	Периоды	Начало	Эры	Начало	Эпохи	Начало	Галациклы	Начало
Фанерозой с эдиакарием (635)	Кайнозой (66)	66	Коперниковский (1100): геологически безактивный; молодые астроблемы (кратер Коперник)	1100	Койперская (1000): нет данных о вулканической и тектонической активности	1000	Амазонийская (2900–3300): очень мало ударных кратеров; лавовые потоки; ледниковая активность; выбросы воды	~3000	Современный 24-й галацикл (66)	66
	Мезозой (185)	251							23-й галацикл (185)	251
	Палеозой с эдиакарием (384)	635							21-й и 22-й галациклы (384)	635
Протерозой (1958)	Неопротерозой без эдиакария (365)	1000							19-й и 20-й галациклы (365)	1000

Продолжение табл. 3

Архей (1500)	Мезо-протерозой (600)	1600	Эратосфеновский (2100): затихание вулканов; снижение ударов; образование кратера Эратосфен	3200	Мансурская (~2000): снижение вулканической и тектонической активности	3000 – 3500		16-й, 17-й, 18-й галактики (600)	1600	
	Палеопротерозой (900)	2500						12-й, 13-й, 14-й, 15-й галактики (900)	2500	
	Неоархей (300)	2800						10 и 11-й галактики (300)	2800	
	Мезоархей (400)	3200						8 и 9-й галактики (400)	3200	
	Палеоархей (400)	3600	Имбрийский (650): Позднеимбрийская (Архимедовская) эпоха – 3800 млн л. н.: макс. излияния лавы, заполнившие «моря»; большинство вулканических кратеров и вулканов; образование кратера Архимед и Восточного моря. Раннеимбрийская (Апеннинская) эпоха – 3850 млн л. н.: ударное образование моря Дождей и др. морей	3850	Поздняя калорская (~800): закончилось глобальное сжатие	3800	Гесперийская (200–600): огромные лавовые поля; мощные потоки воды	~3700	6 и 7-й галактики (400)	3600
	Эоархей (400)	3800	Ноачинская (400): образование самой старой поверхности (из сохранившихся); много крупных кратеров; обширная речная эрозия; возможно, были моря и океаны					4100	5-й галактика (200)	3800

Окончание табл. 3

		4000	Нектарский / Птолемеевский (70): образование 10–12 основных бассейнов (в том числе моря Нектара) болидами до 860 км. «Лунный катаклизм» в начале периода	3920	Калорская (60): вулканические минералы равнины Жары. Толстовская (40): равнины и кратеры (в том числе от вулканов)	3900 – 4000		4-й галактик (200)	4000
Катархей (600)		4600	Донектарский / Гиппарховский (613): образование коры. Эра «9 групп бассейнов» (4172–3920 млн л. н.). Начало базальтового магматизма (4 млрд лет назад). Криптийская эра (4533–4172 млн л. н.)	4533	Дотолстовская (500–600): интенсивная бомбардировка; кратеры и обширные межкратерные равнины	4500	Доноачианская (400–600): от планетной аккреции и дифференциации до образования ударной впадины Эллады (почти все стерто эрозией и метеоритами)	1, 2 и 3-й галактик (600)	4600

Табл. 4. Реформированная версия геохронологической шкалы

Эоны	Эры	Периоды	Начало	Галактикы	Эпохи тектогенеза
6. Фанерозой (635) – эпоха праматерика Пангеи	Кайнозой (66)	Тетрагоген (50?)	Еще не наступили	Современный 24-й галактик (66)	Альпийский (50–0)
		Тритоген (50?)			
		Дейтероген (50?): неоген (20) и антропоген (2,6 ... 30?)	23		
		Палеоген (43)	66		

Продолжение табл. 4

	Мезозой (185)	Верхний мел (34?)	100?	23-й гала-цикл (185)	Герцинский (260–90) и Киммерийский (90–50)
		Нижний мел (46?)	146		
		Юра (54)	200		
		Триас (51)	251		
	Неопалеозой (193)	Пермь (48)	299	22-й гала-цикл (193)	Каледонский (410–260)
		Карбон (60)	359		
		Девон (57)	416		
		Силур (28)	444		
	Эопалеозой (191)	Ордовик (44)	488	21-й гала-цикл (191)	Кадомский (650–520) и Салаирский (520–410)
		Кембрий (54)	542		
		Эдиакарий (47?)	589		
		Лапландий (46?)	635		
5. Верхний протерозой (765) – эпоха праматерика Родинии (Родинианый)	Криогений (215)		850	20-й гала-цикл (215)	Делийский (860–650)
	Тоний (150)		1000	19-й гала-цикл (150)	Байкальский (930–860)
	Стений (200)		1200	18-й гала-цикл (200)	Эльсонский (1210–1090) и Гренвильский (1090–930)
	Эктазий (200)		1400	17-й гала-цикл (200)	Лаксфордский (1490–1360) и Готский (1360–1210)
4. Нижний протерозой (900) – эпоха праматерика Колумбии (Колумбианый)	Калимий (200)		1600	16-й гала-цикл (200)	Гуронский (1670–1490)
	Статерий (200)		1800	15-й гала-цикл (200)	Гудзонский (1830–1670)
	Орозирий (250)		2050	14-й гала-цикл (250)	Балтийский (1980–1830)
	Риасий (250)		2300	13-й гала-цикл (250)	Карельский (2230–1980)
3. Верхний архей (900) – эпоха праматерика Кенорленда (Кенорлендий)	Сидерий (200) (Неокенорлендий)		2500	12-й гала-цикл (200)	Альгонкский (2500–2230)
	Поздний неоархей (150?) (Мезокенорлендий)		2650?	11-й гала-цикл (150?)	Беломорский (2700–2500)

Окончание табл. 4

	Ранний неоархей (150?) (Палеокенорлендий)		2800	10-й галактик (150?)	Кольский (3050–2700)
	Поздний мезоархей (200) (Эокенорлендий)		3000?	9-й галактик (200?)	
2. Нижний архей (800) – эпоха праматерика Ваальбары (Ваальбарий, Нуклеарий)	Ранний мезоархей (200) (Неоваальбарий)		3200	8-й галактик (200?)	Белозерский (3500–3050)
	Поздний палеоархей (200) (Мезоваальбарий)		3400?	7-й галактик (200?)	
	Ранний палеоархей (200) (Палеоваальбарий)		3600	6-й галактик (200?)	
	Поздний эоархей (200) (Эоваальбарий)		3800?	5-й галактик (200?)	
1. Катархей (800) – доплатформенная эпоха (Лунарий)	Ранний эоархей (200) (Неолунарий)		4000	4-й галактик (200?)	
	Неокатархей (200?) (Мезолунарий)		4200?	3-й галактик (200?)	
	Мезокатархей (200?) (Палеолунарий)		4400?	2-й галактик (200?)	
	Палеокатархей (200?) (Эолунарий)		4600	1-й галактик (200?)	