

# О ВЛИЯНИИ СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ГАЛАКТИКИ НА ЭВОЛЮЦИЮ ПЛАНЕТЫ

«Пусть одна, отдельно взятая линия доказательств будет слаба сама по себе, но в совокупности они многократно усиливают друг друга.»  
(P. Cloud and A. Gibor, 1970)

Земля, вращаясь вместе с Солнечной системой в пределах Галактики, периодически встречается с ее спиральными рукавами, проявляющимися в виде волн звездной плотности. Процессы, происходящие при этом и связанные с наличием галактических ударных волн могут быть ответственны за существование критических периодов в эволюции планеты. Хронологическая летопись ключевых эпизодов геодинамики практически повторяет временную шкалу галактического масштаба. Существует четкая связь между наиболее впечатляющими, яркими событиями в истории Земли - крупномасштабными «катастрофами» и периодом процессов, связанных с прохождением Солнечной системы через ветви спирального узора. Сопоставление двух временных последовательностей - это взгляд в прошлое и прогноз в будущее. Оно позволяет уточнить время крупнейших катастроф и изменений в истории Земли, как планеты; предсказывает очередные встречи со спиральными рукавами Галактики и процессы, происходящие при этом; позволяет определить важнейшие рубежи и критические периоды, т.е. хронологические шкалы других планет и объектов Солнечной системы.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы наблюдается быстрый рост числа публикаций, относящихся к периодизации геологического времени. Основные этапы в эволюции атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы увязываются друг с другом и с внеземными процессами (например, Cloud and Gibor, 1970; Hutchinson, 1970; Harland et al., 1989). Предпринят ряд попыток связать их с явлениями планетарного, галактического и космического масштаба (например, см. Заколдаев, 1991; Баренбум, 1992; Collar, 1996; Wood, 1996; Афанасьев, 1997; Ясаманов, 1997).

Хронология и цикличность в геодинамике «бросаются в глаза». Само наличие стратиграфической шкалы, - один из бесспорнейших фактов, лежащих в основе наук о Земле, доказывает существование критических периодов в истории планеты. Цикл Уилсона (Seyfert, 1987), суперконтинентальный цикл (Murphy and Nance, 1992), восходящая спираль биогеосферы (Cloud, 1983) и др. - все это события одного масштаба,

независимые или являющиеся причиной одно другого и следствием какого-то глобального механизма, действующего внутри или вне земного шара. Существование катастрофических эпизодов в истории других планет также обсуждается в литературе (Basilevsky, 1996; Базилевский, 1997).

Построения временных шкал (к примеру, стратиграфических), охватывающих сравнительно недавние события в истории Земли - тщательны, и границы проводятся с достаточно большой точностью (Семихатов, 1993). Но определения возраста критических периодов в раннюю и среднюю эпохи - приблизительны, и цифры с разбросом  $\pm 200$  и даже  $\pm 100$  млн. лет (Harland et al., 1989; Семихатов, 1993) могут быть вполне коррелируемы при сопоставлении со шкалами практически любого масштаба. Соответственно, основываясь на том или ином факторе, или ряде факторов разные авторы строят шкалы с различным значением промежутка времени Т и добиваются при этом вполне удовлетворительного соответствия из-за весьма приближенного определения возраста

ключевых событий, а зачастую, и обилия таких событий в истории.

Следовательно вопрос должен быть поставлен по-другому.

*В чем причина катастрофических изменений, за сравнительно короткий отрезок времени преобразующих лик и динамику нашей планеты?*

В космогоническом сценарии Ривса (Reeves, 1972) досолнечное облако периодически встречается со спиральным рукавом, или волной плотности через промежутки времени  $\Delta T = 2.7 \cdot 10^8$  лет, при этом наблюдается процесс «загрязнения» облака радиоактивными нуклидами  $^{129}I$  и  $^{244}Pu$  (Марочник и Сучков, 1984). Вероятно, сценарий Ривса можно рассматривать как первое предположение о возможной связи ранней истории Солнечной системы со спиральной структурой Галактики. Позже гипотеза Ривса была уточнена Трайведи (Trivedi, 1977) и Шраммом (Schramm, 1978).

Принципиально иной космогонический сценарий происхождения Солнечной системы предложил Марочник (Marochnic, 1983). Его расчеты основаны на ином значении угловой скорости вращения спиральной волны, которое допускает, что облако только один раз пересекло спиральный рукав, выйдя из него  $4.6 \cdot 10^9$  лет назад (Марочник и Сучков, 1984). Авторами сделано предположение, что Солнце в Галактике находится в специфических условиях близости к коротации, что может иметь значение для проблемы происхождения жизни (Марочник и Сучков, 1984).

Изучая вариации теплового потока из недр Земли, мы пришли к заключению, что они связаны с конвективными течениями в мантии (Neprimerov et al., 1989; Khristoforova et al., 1996). В рамках теории конвекционных ячеек необходим механизм, который мог бы возбуждать периодически крупномасштабные астеносферные перемещения вещества. Период существования мантийных ячеек оценивается в 200-300 млн лет (Seyfert, 1987), и такой же период должны иметь возмущения, вызывающие эти течения. Совпадение этого временного промежутка с периодом прохождения досолнечного облака через волны плотности в сценарии Ривса позволило предположить, что резкие изменения геодинамической обстановки могут быть следствием взаимодействия системы с волнами звездной плотности.

Эта гипотеза оказалась привлекательной, т.к. прослеживался физический механизм, который мог бы изменять условия существования системы (температуру, давление, наличие радиации, излучения и т.п.) в определенном пространстве галактического диска. Особенности спиральной структуры Галактики, ее

динамические и геометрические характеристики допускают такую возможность.

«С тех пор я сознательно искал данные, которые имели бы отношение к этой гипотезе.» (Рингвуд, 1982).

- Я тоже это делаю.

## 1. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ГАЛАКТИКИ

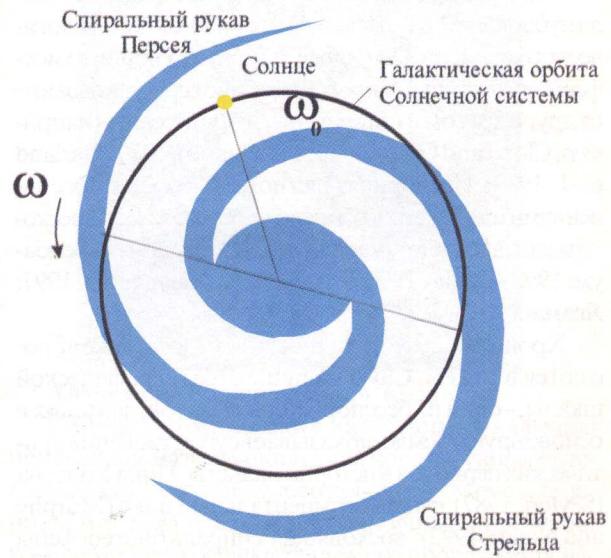
Данный раздел представляет собой краткий обзор известных фактов и теорий относительно спиральной структуры Галактики, изложенных в классической монографии Л.С. Марочника и А.А. Сучкова «Галактика» (1984) и дополненных более поздними свидетельствами (Fridman and Khoruzhii, 1998 и др.).

### СПИРАЛЬНЫЙ УЗОР ГАЛАКТИКИ

Наша Галактика имеет отчетливо выраженный спиральный узор, простирающийся по всему диску Галактики. Этот узор существует на протяжении многих оборотов Галактики, несмотря на разрушающее действие дифференциального вращения.

Основные фрагменты глобальной двухрукавной структуры Галактики - это рукав Стрельца-Киля и рукав Персея. Кроме того, обнаруживается еще одна концентрация молодых звезд и скоплений - Орионов рукав, в пределах которого лежит и Солнце.

Рис. 1. Схематическое изображение современного положения Солнечной системы между спиральными рукавами Персея и Стрельца (по Марочнику и Сучкову, 1984).



Понятие спиральной структуры включает в себя сложный комплекс явлений, процессов и элементов. Индикаторами спиральной структуры в оптическом диапазоне являются: скопления облаков ионизированного водорода  $H\text{II}$ ; полосы пыли (облака поглощающей материи); голубые сверхгиганты (с примесью красных); неголубые звезды; гигантские звезды ранних спектральных классов; цефеиды; пульсары; рассеянные скопления. Спиральный узор наблюдается в радиодиапазоне, по межзвездному газу. Распределение нейтрального водорода, гаммаизлучение, синхротронное и инфракрасное излучение также дают информацию о крупномасштабной, глобальной структуре. Спирали имеют сложную вторичную структуру.

### ВОЛНЫ ИЗВЕЗДНОЙ ПЛОТНОСТИ

Ключ к пониманию динамики галактики заключен в природе гравитационных коллективных взаимодействий звезд. Во вращающихся звездных системах появляется упругость, обусловленная действием кориолисовых сил, и это приводит к тому, что в бесстолкновительном звездном диске могут распространяться волны с геометрией фронта в виде тугозакрученных спиралей, неискажаемые дифференциальным вращением диска.

«Согласно развивающейся в настоящее время... волновой теории, спиральные ветви галактик есть... волны плотности, распространяющиеся по галактическому диску, и процесс распространения представляет собой твердотельное вращение волн в отличие от дифференциального вращения материи в галактике.» (Марочник и Сучков, 1984).

Спиральные волны в галактике представляют собой возмущения плотности, гравитационного поля, систематической скорости звезд.

Для Галактики имеются два прямых доказательства того, что спиральная структура имеет волновую природу - это «динамические» индикаторы спирального узора: существование спиральной структуры поля систематических скоростей звезд и существование градиента возраста в спиральных ветвях.

### МЕХАНИЗМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ВОЛН И СКОРОСТЬ ВРАЩЕНИЯ СПИРАЛЬНОГО УЗОРА

В рамках теории волн плотности необходим механизм, который мог бы возбуждать и поддерживать глобальный узор в Галактике. Данные наблюдений свидетельствуют о важности механизмов возбуждения глобального узора центральным баром (центральной асимметрией) или приливными силами.

С механизмом возбуждения волн тесно связан вопрос о численном значении угловой скорости вращения спирального узора ( $\omega$ ). В настоящее время определились две точки зрения:

1) В Галактике реализуются волны плотности, распространяющиеся с групповой скоростью направленной от периферии к центру. В этом случае  $\omega = 13-14 \text{ км/с кпп}$  (*S-мода*).

2) За спиральную структуру ответственны волны плотности, групповая скорость которых направлена от центра к периферии. В этом случае  $\omega = 24 \text{ км/с кпп}$  (*L-мода*).

Механизм *S-моды* - это механизм, направляющий волну плотности из периферических областей звездной системы к ее центру. Заслуживают особого внимания гипотеза Лина (Lin et al., 1969) или гипотеза «обратной связи» - возбуждения *L-моды* центральным баром с последующей ее трансформацией в *S-моду* в области каротации и гипотеза Лина, Шу и др. (Lin et al., 1969; Shu et al., 1973) о наличии двух «точек поворота».

Таким образом, теория волн плотности предполагает для нашей Галактики два значения угловой скорости вращения спирального узора, при которых теоретический спиральный узор наилучшим образом согласуется с наблюдаемым.

Экспериментальные оценки величины  $\omega$  были выполнены по наблюдаемому смещению звезд относительно спирального рукава - явление миграции звезд. Также оказались приемлемыми два значения  $\omega$ : 13.5 и 20 км/с кпп. Следует отметить, что Марочник и Сучков (1984) отдают предпочтение значению, близкому к 24 км/с кпп.

### ГАЛАКТИЧЕСКИЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ. РОЛЬ СПИРАЛЬНЫХ ВОЛН В ЭВОЛЮЦИИ ГАЛАКТИКИ

Теория спиральных волн плотности допускает наличие галактических ударных волн (ГУВ). Галактические ударные волны - это узкая область сжатого газа вдоль внутренней кромки спиральной волны. ГУВ были предсказаны в результате исследований течения галактического газа в поле спиральной волны плотности.

Галактические ударные волны проявляются целым рядом эффектов. Ударная волна приводит к сжатию межзвездной пыли, и в области фронта должно наблюдаться увеличение ее концентрации. Наличие узкой полосы пыли вдоль внутренней кромки спиральной волны непосредственно подтверждается наблюдениями. В ГУВ происходит сжатие магнитного поля и ударные волны могут служить механизмом усиления и поддержания магнитного поля в галактике.

На фронте ГУВ в межзвездном газе может происходить фазовый переход - из горячей разряженной среды образуются плотные холодные облака газа. Здесь, возможно, происходит образование молекул  $H$  и молекулярных облаков. Сжатие облаков межзвездного

**Таблица. Связь спиральной структуры Галактики с эволюцией планеты.**

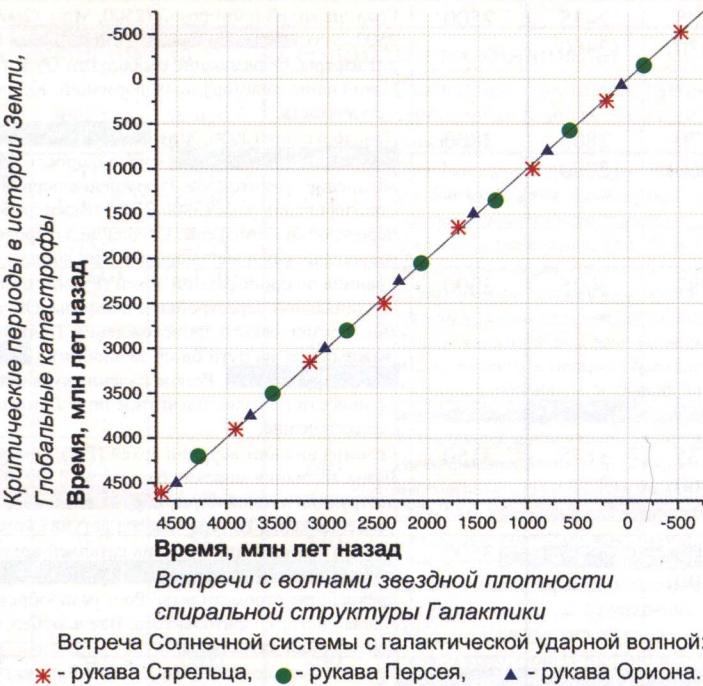
N	Галактическая шкала		Геодинамическая шкала		
	Пересечение с рукавом:	T млн лет $\Delta T=365$	T млн лет $\Delta T=370$	T млн лет	
00	Стрельца (прогноз)	-515 (-540)	-525 (-540)		Важнейшие, глобальные рубежи кардинальной перестройки земных оболочек: геосфера, атмосфера, биосфера
0	Персея (прогноз)	-150 (-160)	-155 (-170)		Прогноз: начало новой эры. Распад единого суперконтинента. Биологическая катастрофа, массовые вымирания, появление новых форм жизни.
1	Ориона	67	67	67	Прогноз: начало новой эры. Важн. рубеж на восходящей спирали биосферы, биологический взрыв. -смена биоса, возникновение новых форм жизни. Континенты максимально удалены друг от друга, перестройка литосферы.
2	Стрельца	215 (240)	215 (240)	240	Начало мезозойской эры (240). Пермо-триасовая катастрофа, массовые вымирания, исчезновение 96% всех морских видов (230-200). Распад единого суперконтинента (200).
3	Персея	580 (570)	585 (570)	570	Начало палеозойской эры. Конец протерозоя. Начало фанерозоя. Важн. рубеж на восходящей спираль биосферы. Биологический взрыв, первые кембрийские организмы с наружным скелетом. Крупнейшее вымирание фитопланктона (575). Глобальные отклонения изотопов углерода.
4	Ориона	797	807	800	Начало криогенации (850, Мш) или синия (800, Хш). Развитие глобальных оледенений. Возрастание $O_2$ в атмосфере. Изменение изотопного состава C, Sr. Гидро-термальная активность. Крупные изменения тектонической обстановки. Эдиакарская вспышка. Возраст поверхности Венеры. Начало последнего периода в истории Луны.
5	Стрельца	945 (970)	955 (980)	1000	Начало неопротерозоя (Мш) или верхнего рифея (Рш). Распад суперконтинента. Образование зон растяжения и рифтогенез. Гренвилльская орогенез. Главный рубеж увеличения разнообразия эвкариотных микроорганизмов и появление новых форм. Важнейший рубеж в истории planktona. Разделились линии эволюц. развития многоклеточных (900). Динамо-термальная переработка древних крист. комплексов, интрузивный магматизм.
6	Персея	1310 (1300)	1325 (1310)	1350	Граница в рифе (1350, Рш, Хш). Граница ранний-поздний протерозой (1300, Рудник). Важн. рубеж на восходящей спирали биосферы (1400). Эукариотические клетки. Появление осн. групп многоклеточных животных. Важн. рубеж в истории planktona. Орогенез: эльзевирская, эльсонская.
7	Ориона	1527	1545	1500	Усиление тектонической и магматической активности, внедрение анортитовых массивов. Клетки микроорганизмов увеличились в размере – увеличение $O_2$ в атмосфере.
8	Стрельца	1675 (1700)	1695 (1720)	1650	Граница нижний-верхний протерозой (1650, Рш, Хш), мезопротерозой (1600, Мш). Распад суперконтинента (1700). Гудзонская орогенез. Важнейший рубеж кардинальной перестройки литосферы. Возникновение одноклеточных эукариот (1800). Важн. рубеж в истории planktona.
9	Персея	2040 (2030)	2065 (2050)	2050	Начало орографии (2050, Мш). Важн. рубеж на восходящей спирали биосферы (2000). Сине-зеленые водоросли из формации Ганфлинт, появление фитопланктона, самые древние микропоселения. Широкое проявление орогенических процессов. Важн. рубеж перестройки литосферы. Образование ядерного реактора Окло (2000).
10	Ориона	2257	2285	2250	Граница в протерозое (2300, Мш), (2200, Хш). Мезопротерозойское оледенение. Изменения в составе атмосферы, гидросферы. Увеличение $O_2$ в атмосфере. Внедрение расщепленных интрузий. Значительный толчок в развитии органического мира (2200-2300). Обнаружены цианобактерии.

11	Стрельца	2405 (2430)	2435 (2460)	2500	Граница архей-протерозой (2500, Миш.), (2600, Рш.). (2400-2500, Хш). Распад суперконтинента (2400). Важн. рубеж литосфера. Образование свободного $O_2$ в атмосфере. Накопление железорудных формаций. Кеноранская складчатость.
12	Персия	2770 (2760)	2805 (2790)	2800	Начало рандия (2800, Хш). Важн. рубеж на восходящей спирали биосферы (2800) - проводоросли. Интенсивное внедрение гранитоидов. Разрушение первичной плотностной стратификации ядра (2800-2700). Важн. рубеж кардинальной перестройки литосфера. Сущесние датировок магматических и метаморфических пород.
13	Ориона	2987	3025	3000	Граница поздний-ранний архей (Рудник). Важн. рубеж кардинальной перестройки литосфера. Обнаружен углерод явно органического происхождения. Появление автотрофа (важный шаг на пути биол. эволюции) – изменение атмосферы (>3000). Резкое падение вулканической активности на Луне, магнитное поле Луны прекратило существование.
14	Стрельца	3135 (3160)	3175 (3200)	3150	Граница нижний-верхний архей (Рш). Повторный расплав Луны, излияния морских базальтов (3200). Общая деструкция лунной коры, образование зон растяжения и утонения коры. Потеря запасов летучих компонентов.
15	Персия	3500 (3490)	3545 (3530)	3500	Начало свазия (Хш). Граница катархей-архей (Рудник). Важн. рубеж на восходящей спирали биосферы (3500). древнейшие строматолиты. Рост разнообразия прокариот. Начало истории фитобентоса. Важн. рубеж кардинальной перестройки литосфера.
16	Ориона	3717	3765	3700-3800	Граница в архее (3800, Хш), (3700, Рудник). Появление биогенного углерода (3800). Возраст известных древнейших осадочных пород (3800). Резкое усиление магматической активности. Морские базальты на Луне (3800-3600). Окончилась мощная бомбардировка Марса (3800).
17	Стрельца	3865 (3890)	3915 (3940)	3800-3900	Границы в архее (3850, 3950, Хш). Наличие углерод. включений в полосчатых железорудных формациях (3800-3860). Переход от плоск к плейтектонике (3900-4000). Появление свободного $O_2$ в атмосфере, первая глобальная экологическая катастрофа (3800-4000). Массовые вымирания анаэробных организмов. Гнейсовый комплекс Итсак (3900). Интенсивная бомбардировка метеоритами. Формирование крупных кольцевых структур и масконов на Луне. Резкое возрастание напряженности магнитного поля Луны (3950), аномалии магнитного поля (3850).
18	Персия	4230 (4220)	4285 (4270)	4200	Граница в архее (4150, Хш), граница ран.-позд. азой (4200). Важн. Рубеж на восходящей спирали биосферы, зарождение жизни (>4000). Возраст цирконов. Разделение Земли на мантию и ядро (4200, по Воллмеру). Тела Солнечной системы подвергались ударам крупных метеоритов. Древние аномалии магнитного поля Луны 4200.
19	Ориона	4447	4505	4500	Образование ядра Земли. Обеднение $Pb$ и $Sn$ . Образование Луны. Обеднение летучими элементами Луны.
20	Стрельца	4595 (4620)	4655 (4680)	4600	Образование Земли. Эволюция протосолнечного облака, загрязнение его радионуклидами.

Обозначения: Рш – российская геохронологическая шкала; Миш – международная шкала; Хш – шкала Харленда. Желтым цветом выделены границы в геохронологических шкалах. Зеленым – основные этапы ранней эволюции биосфера, выделенные Клаудом (P. Cloud, 1983).

В скобках указаны значения времени с учетом небольшой асимметрии между рукавами (см. текст и рисунок).

Для построения геодинамической шкалы в таблице использованы первоисточники (см. список литературы): Глебовицкий и Шемякин, 1996; Марочник и Сучков, 1984; Озима, 1983, 1990; Рингвуд, 1982; Рудник и Соботович, 1973; Селиверстов, 1998; Семихатов, 1993; Сергеев, 1992; Сергеев и др., 1996; Ушаков и Ясаманов, 1984; Хайн и Божко, 1988; Alvarez et al., 1980; Alvarez and Asaro, 1990; Basilevsky, 1996; Brimhall, 1991; Cloud, 1983; Cloud and Gibor, 1970; Courtillot, 1990; Fedonkin and Waggoner, 1997; Harland et al., 1989; Hutchinson, 1970; Knoll, 1991; Kröner and Layer, 1992; Latouche, 1997; Levinton, 1992; Maruyama, 1994; Murphy and Nance, 1992; Nance et al., 1988; Seilacher, 1984; Siever, 1983; Sleep, 1994; York, 1992; Wilhelms и др.



газа приводит к тому, что они становятся гравитационно неустойчивыми и коллапсируют. Коллапс и гравитационная фрагментация обломков завершаются образованием звезд. Таким образом, галактические ударные волны могут служить крупномасштабным триггерным механизмом звездообразования. В этом заключается роль ГУВ для жизни галактики.

В теоретических задачах, которые приводят к хорошему согласию с экспериментом, предполагается, что газ сосредоточен в спиральных ветвях с П-образным распределением плотности шириной 500 пк и контрастом плотности 3:1 в рукавах по отношению к межзвездному пространству; при этом в ГУВ допускается контраст плотности 10:1.

Согласно теоретическим исследованиям движения межзвездного газа в волнах плотности (Shu et al., 1973), толщина фронта ударной волны - порядка 50 пк (при  $\omega = 13.5 \text{ км/с кпк}$ ); хотя изменение таких величин как температура, давление, плотность жидкости и др.) приходится на очень узкий слой, толщиной несколько парсек.

Безспиральной волны газовая подсистема галактики находится в квазиравновесном состоянии, при котором происходит медленный переток массы газа в звездную компоненту. Решение задач, связанных с течением газа в поле спиральной волны показало, что в большом диапазоне плотностей волна приводит к постоянному образованию плотных и холодных конденсаций газа. При этом

она не только создает механизм для звездообразования, но и служит мощным триггерным механизмом этого процесса, уплотняя и охлаждая рождающиеся облака.

По мнению большинства специалистов, ветвь Ориона не есть фрагмент основных спиральных рукавов Галактики, а представляет собой локальное уплотнение молодых звезд типа ярких перемычек между спиральными ветвями. Однако, наличие узких полос пыли в перемычках и спиралях внешних галактик может быть свидетельством в пользу существования на кромке Ориона галактических ударных волн (Марочник и Сучков, 1984).

## 2. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА В ГАЛАКТИКЕ. ГАЛАКТИЧЕСКАЯ ШКАЛА

Земля, вращаясь вместе с Солнечной системой в пределах Галактики, периодически встречается с ее спиральными ветвями, проявляющимися в виде волн звездной плотности через промежутки времени  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \pi (\omega_0 - \omega)^{-1}$$

где  $\omega$  - угловая скорость спирального узора Галактики;

$\omega_0$  - угловая скорость вращения Солнечной системы в Галактике. (Л.С. Марочник и А.А. Сучков, 1984).

Построение «галактической» шкалы, т.е. временной шкалы, отражающей абсолютные времена прохождения Солнечной системы через спиральные рукава Галактики, основано на значении угловой скорости вращения спирального узора, равной 13.5

км/с кпк - модель Лина и др. (Lin et al., 1969) и угловой скорости вращения Солнечной системы в Галактике, равной 22 км/с кпк. В этом случае Солнечная система взаимодействует со спиральной структурой Галактики через промежутки времени  $\Delta T = 3.7 \cdot 10^8$  лет. Расчет величины  $\Delta T$  зависит от принимаемого значения угловой скорости вращения Солнечной системы в Галактике, которая может оказаться равной от примерно 22 км/с кпк до 25 и более. В таком случае величина  $\Delta T$  может принимать значения в интервале от примерно  $3.7 \cdot 10^8$  лет до  $2.7 \cdot 10^8$  лет при  $\omega = 13.5$  км/с кпк.

Используя результаты определения параметров спирального узора Галактики по Л. С. Марочнику и А. А. Сучкову (1984), мы рассматриваем следующий сценарий прохождения Солнечной системы через спиральные рукава через промежутки времени  $\Delta T = 370$  млн. лет; рис. 1. Положение Солнечной системы в настоящий момент между ветвями Персея и Стрельца определяет время последней встречи системы со спиральным рукавом:  $t = \Delta T / 105/180$ . Временная шкала, определяемая этим интервалом (а также, для сравнения, интервалом  $\Delta T = 365$ ), приведена в таблице.

Два момента являются ключевыми:

1) Выбор значения  $\Delta T$  основан на выделении в качестве «опорных точек» двух наиболее грандиозных по своему масштабу, охвативших всю планету события: а) эволюционный скачок в кембрии - предполагаемое последнее пересечение Солнечной системой ветви Персея; б) пермо-триасовую катастрофу - предполагаемое последнее пересечение Солнечной системой ветви Стрельца, т.е., соответственно, начало эр фанерозоя и мезозоя.

2) Третье грандиозное событие в истории планеты, - катастрофа в конце мелового периода и сопутствующие ей крупномасштабные изменения во всех земных оболочках, т.е. начало кайнозойской эры, требуют введения в шкалу временной границы на рубеже около 67 млн лет назад. В качестве механизма, ответственного за эту точку может быть предложено взаимодействие Солнечной системы с галактической ударной волной ветви Ориона.

Исходя из гипотезы регулярного пересечения Солнечной системой спиральных рукавов Галактики, могут быть определены 3 характерных временных промежутка:

- Временная шкала  $T_p = 370$  млн лет, - время, которое Солнечная система проходит между двумя рукавами (с учетом встречи с рукавом Ориона  $T_p$  делится на два промежутка).

- Временная шкала  $T_e = 20-30$  млн лет, - время, в течение которого Солнечная система находится внутри рукава.

- Временная шкала  $T_k = 4-5$  млн лет, - время, в течение которого Солнечная система испытывает влияние галактических ударных волн. (Расчет времен  $T_e$  и  $T_k$  также проведен по формулам, приведенным в работе Марочника и Сучкова (1984)).

Соответственно, в истории Земли могут быть выделены три периодически повторяющихся эпохи, которые имеют глобальный характер: а) состояние покоя или медленной эволюции, определяемое временем  $T_p$ ; в) периоды сравнительно быстрого развития событий или быстрой эволюции, связанные со временем  $T_e$ ; с) критические периоды или эволюционные скачки, стремительное изменение системы, соответствующее характерному времени  $T_k$ .

Назовем только некоторые факты «за»:

Внезапное появление множества новых биологических форм не растянулось на всю кембрийскую эпоху, или хотя бы значительную ее часть, а произошло почти одновременно, в течение примерно 3 - 5 миллионов лет (Fedonkin and Waggoner, 1997); что явно соответствует времени  $T_k$ .

Тектонические эпохи, тектоническая активность продолжается примерно 15-20 млн лет. Это время сопоставимо с временем прохождения системы внутри рукава.

Кульминационные стадии докембрийского горообразования имеют период 300-400 млн лет. Возраст существования океана - 400 млн лет. Пять генерализованных эр тектогенеза (Рудник и Соботович, 1973; Озима, 1990; Brimhall, 1991) имеют период 387 млн лет.

Находясь в спиральном рукаве, Солнечная система находится при повышенном внешнем давлении. Действие же галактических ударных волн на планетарную систему - это целый комплекс сильнодействующих факторов: влияние потока космических лучей, рентгеновского излучения, ультрафиолетовой радиации и многих других, перечисленных ранее.

Необходимо отметить, что встреча со спиральной ветвью - это «спусковой крючок» для ряда геодинамических процессов, а не кратковременное коренное изменение всех структур.

### 3. КРИТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ И ИХ СВЯЗЬ СО СПИРАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ ГАЛАКТИКИ

Главным направлением развития геохронологии в последнее время становится использование мультидисциплинарных (биологических, геологических, климатических, физических, геохимических и др.) критериев для обоснования шкал высокой разрешающей способности. (Семихатов, 1993).

Основное геологическое время приходится на докембрий. Существует несколько шкал периодизации основных событий в докембре: международная, российская, школа Харлена, национальные шкалы (Рудник, Соботович, 1973; Harland et al., 1989; Семихатов, 1993). В основу каждой из них заложена определенная концепция. Международная школа в основе своей является хронометрической; российская - составлена на хроностратиграфической основе; школа Харлена является комплексной, совмещающей отрезки нескольких школ и охватывающей как геологическую летопись Земли, так и более древние события в эволюции Солнечной системы и космоса.

Определенные геоисторические рубежи земной эволюции, безусловно, имеют глобальный характер; и это хорошо известно. «Существование перекрывающихся малых и больших геодинамических, геологических и палеонтологических аномалий указывает на одну общую внутреннюю причину» (Courtillot, 1990). Важно подчеркнуть и то, что многие геодинамические крупномасштабные перестройки представляют собой упорядоченные и периодические процессы, что согласуется с галактическим циклом прохождения Солнечной системы через спиральные ветви звездной плотности.

В рамках данной гипотезы большая часть геофизических событий получает свое обоснование: геодинамические циклы - цикл Уилсона и суперконтинентальный цикл; возникновение, эволюция и структурно-тектонические перестройки земных оболочек - ядра, мантии, литосфера; всемирный характер фаз складчатости (Озима, 1983); периодически зарождающиеся и затухающие конвективные течения в мантии и ядре; резкие изменения в составе гидро- и атмосферы, например изменения содержания  $\text{CO}_2$  и кислорода, и связанные с ними вариации климата, ледниково-эпохи; и, наконец, биологические кризисы и взрывы - быстрая смена популярных живых организмов. Сюда же можно отнести мощные метеоритные бомбардировки планет, имеющие также упорядоченный характер.

Многие авторы (см., например, Cloud and Gibor, 1970) подчеркивают, что биологическая история связана с изменением атмосферы, главным образом, с наличием в ней кислорода.

Процессы, происходящие при прохождении Солнечной системы через спиральные рукава Галактики и связанные с наличием галактических ударных волн могут быть ответственны за внезапные изменения атмосферы, в частности, изменения ее состава и наличия в ней кислорода. Можно ставить вопрос, что кислород на Земле имеет не только органическое происхождение.

## ШКАЛА ПЕРСЕЯ-БИОЛОГИЧЕСКАЯ

В таблице выделены отдельно значения времен прохождения Солнечной системы через рукав Персея, а рядом - основные этапы ранней эволюции биосферы, выделенные Г. Клаудом (Cloud, 1983; см. также Cloud and Gibor, 1970). Хорошая коррелируемость этих двух шкал позволяет предположить, что именно встречи со спиральным рукавом Персея коренным образом меняют биосферу и стимулируют появление новых, более сложных форм жизни. Поэтому логично назвать данную последовательность биологической (а точнее, преимущественно биологической).

Определяя средний период событий по точкам восходящей спирали биосферы, мы приходим к значению  $2\Delta T_{\text{фр.}} = 740$  млн лет. Этот важный результат свидетельствует о том, что период галактической школы  $\Delta T = 370$  млн лет ( $740/2$ ) является наиболее подходящим и подтверждает значения параметров, выбранные для определения  $\Delta T$  (ф-ла 1).

Определенные геодинамические процессы также имели место при пересечении с рукавом Персея. Так, в работе (Рудник и Соботович, 1973) приводится схема периодизации докембра, в основу которой положены тектоно-магматические циклы и мегацикли. Средний период (время между двумя событиями) составляет 720 млн лет (полупериод - 360), и сопоставимость событий со школой Персея поистине удивительная.

В целом, подавляющее большинство точек школы Персея соответствует важнейшим рубежам на стратиграфических шкалах.

Из сопоставления двух последовательностей можно сделать определенный вывод о возрасте жизни на Земле. Напрашивается ответ, что жизнь возникла во время первой встречи с рукавом Персея, т.е. около 4285 млн лет назад. Многие исследователи, например, Р. Сивер (Siever, 1983; Knoll, 1991) допускают это.

## ШКАЛА СТРЕЛЬЦА-ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ

Гипотеза заключается в следующем: весьма вероятно, что именно встречи Солнечной системы с рукавом Стрельца являются причиной крупных тектонических перестроек на планете.

В таблице выделены две временные последовательности: времена прохождения системы через ветвь Стрельца и времена, с которыми ассоциируется распад континентов. Вторая школа взята из работ: (Nance et al., 1988; Murphy and Nance, 1992). Абсолютные значения времен близки друг к другу. Средний период между двумя временными точками распада континентов составляет:  $2\Delta T = 733$  млн лет, и это значение также хорошо коррелирует

свыбранным периодом прохождения Солнечной системы через рукав Стрельца.

Суперконтинентальный цикл заключается в том, что «каждые несколько сотен миллионов лет все континенты собираются вместе, образуя единый массив суши» (Murphy and Nance, 1992). Стягивание континентов в единый материк, за которым следовали эпизоды образования крупных рифтов и распад суперконтинента происходили в определенные периоды. В разных работах приводятся различные, но в основном близкие цифры. Отсюда наблюдается некоторое несоответствие. Например, точка 1150 млн лет не так хорошо коррелирует с соответствующей точкой Стрельца, более близким является значение 1000 млн лет, указанное в работе (Ушаков, Ясманов, 1984).

Согласно таблице, образование и раскол суперконтинента происходил и ранее в истории Земли, примерно 3175 и 3915 млн лет назад.

С временными точками пересечения Солнечной системы с рукавом Стрельца связано много геодинамических событий, в том числе и катастрофического характера.

Шкала Стрельца выделена, преимущественно, как тектонодинамическая, но здесь, естественно, наблюдается весь комплекс явлений, приводящих к биологическим, климатическим и др. изменениям на Земле. Во-первых, она маркируется важнейшими рубежами на стратиграфической шкале: протерозоя, неопротерозоя, мезозоя. К выделенным временам приурочены события катастрофического характера, такие, как пермо-триасовая катастрофа; важнейшие рубежи в истории планктона: 1650 (1695 Стр.); 1350 (1325 Пер.); 1000 (955 Стр.); 575 (585 Пер.) (Сергеев и др., 1996); отклонение составляет не более 5%. Появление на Земле свободного кислорода 3,8-4 млрд лет назад привело к массовому вымиранию анаэробных организмов, то есть вызвало одну из первых глобальных экологических катастроф (Селиверстов, 1998), - эта точка также соответствует пересечению с рукавом Стрельца 3915 млн лет назад.

Пересечениям с рукавом Стрельца соответствуют важнейшие рубежи кардинальной перестройки литосферы (Глебовицкий, Шемякин, 1996): 2450 (2435 - по шкале) и 1650 (1695) млн лет.. Известно (Хайн, Божко, 1988; Озима, 1990), что значения возраста докембрийских пород не распределены непрерывно по всему интервалу докембра, а концентрируются вокруг нескольких характерных значений. Причина - дискретность орогенических складкообразовательных движений в земной коре. Сравним схему докембрийских фаз складчатости Канады (Озима, 1983) с галактической шкалой: 2490 - 2435 Стр.; 1735 - 1695 Стр.; 1370 - 1325 Пер.; 945 - 955

Стр. Совпадаемость шкал поразительная, отклонения составляют 1-3%.

В ранние эпохи с рукавом Стрельца ассоциируются такие события, как интенсивная бомбардировка Земли метеоритами, переход от плутон-к плейтектонике (Рингвуд, 1972; Matuyama et al., 1994). Наблюдаются корреляция выделенных рубежей с процессами на Луне, Венере, Марсе (Wilhelms; Basilevsky, 1996). Эти тела в указанные этапы подвергались мощным метеоритным бомбардировкам. На Луне для двух точек Стрельца характерны определенные эффекты: извержения морских базальтов, формирование крупных кольцевых структур и масконов и заполнение их базальтами в период 3900-4000 (3915) и повторный расплав Луны, образование вулканических депрессий, зон растяжения и утонения коры в период 3100-3200 (3175). Эти факты находятся в соответствии с принятой гипотезой о важности механизма растяжения при прохождении ветви Стрельца. Интересным является факт резкого возрастания напряженности магнитного поля Луны перед датой 3950 млн лет.

Сообразуясь с таблицей, ранний сценарий происхождения планеты выглядит следующим образом. При прохождении интервала от Персея к Стрельцу силы действовали как стягивающие, и возраст нашей планеты 4655 млн лет - крайняя точка на шкале Стрельца. Возможно, именно она является началом формирования планет в Солнечной системе. Далее в системе действуют силы растяжения, и формирование Луны примерно 4500 млн лет назад из земного материала при прохождении через ветвь Ориона (4505) связано с этими двумя фактами. Гипотеза Рингвуда (1982) заключается в том, что Луна образовалась из вещества, испарившегося из мантии Земли, путем «удаления плотной первичной атмосферы после акреции» примерно 4,5 млрд лет назад.

Гипотеза влияния спиральных волн подтверждается теорией Рингвуда тем, что указывает причину этого события - встречу с рукавом Ориона, которая послужила спусковым механизмом. И тем, что именно в интервале пути от ветви Стрельца к ветви Персея на систему действуют силы, похожие на силы растяжения (распад континентов и расходжение их друг от друга). Поскольку силы сжатия и растяжения действуют на все способные двигаться части планеты, (как внешние, так и внутренние) эти же факты имеют значение при формировании и дальнейшей эволюции ядра и мантии.

При следующем прохождении через ветвь Стрельца, если существовала на Земле единая первичная оболочка (York, 1992), то она должна была лопнуть примерно 3915 млн лет назад.

## ШКАЛА ОРИОНА-КЛИМАТИЧЕСКАЯ

Временные точки на шкале Ориона прежде всего тесно связаны: а) со скачками в развитии органического мира, крупномасштабными катастрофами; б) со временем проявления грандиозных оледенений; в) с изменениями в атмо- и гидросфере ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ); г) с эрами тектогенеза. Такие факты, как наличие углеродистых включений (3800); обнаружение углерода явно органического происхождения (3000); скачкообразное возрастание  $\text{O}_2$  в атмосфере в точках 800-900 и 2300, - явное доказательство связи этой ветви с резкими изменениями в химическом составе земных оболочек. Это периоды крупных изменений тектонической обстановки и среды обитания.

Резкое вымирание и появление новых, более сложных биологических форм характерно для ветви Ориона. Особенность проявления ветви Ориона в эволюции Земли, в отличие от других ветвей проявляется в развитии серии оледенений, что возможно связано с «сильным ослаблением прозрачности атмосферы», т.е. с резкими изменениями в составе атмосферы и гидросферы (Ушаков, Ясаманов, 1984; Knoll, 1991). Облака поглощающей материи, один из индикаторов спиральной структуры, могут быть причиной этого события. Поэтому данную ветвь, учитывая ее характерные особенности, мы называем климатической.

В ранней стадии с этой ветвью (4505) связываются такие грандиозные события, как образование ядра Земли и образование Луны. В целом, большинство точек шкалы Ориона соответствует рубежам на стратиграфических и геохронологических шкалах.

Вместе с тем, нельзя сказать, что все периоды, соответствующие прохождению через рукав Ориона выделяются очень ярко на геохронологических шкалах (за исключением ближних: 65 и 805 млн лет назад), но, безусловно, с каждым из них могут быть сопоставимы определенные изменения в эволюции планеты.

Очень слабо в геологической летописи выделяется точка, соответствующая пересечению с ветвью Ориона 1545 млн лет назад. Если выдвинутая гипотеза является справедливой, то к этому рубежу должны быть приурочены сильные изменения климата, развитие глобальных оледенений, скачок в развитии органического мира. Однако для этой временной точки в литературе отмечаются лишь незначительные изменения в био- и атмосфере: средний размер клеток ископаемых микроорганизмов значительно увеличился около 1.4 - 1.5 млрд лет назад, что свидетельствует о некотором увеличении свободного кислорода в атмосфере того времени (Ушаков, Ясаманов, 1984); усиление тектонической и магматической активности, внедрение анортозитовых массивов (Рудник, Соботович, 1973).

## 4. АСИММЕТРИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СПИРАЛЬНЫХ РУКАВОВ

Влияние спиральных ветвей Персея и Стрельца на развитие планетарных событий проявляется по-разному. И прежде всего - на тектонику и эволюцию биосфера. С ветвью Стрельца связаны крупнейшие биологические кризисы. Это прежде всего, последняя, наиболее известная, пермо-триасовая катастрофа. Ветвь Персея, образно выражаясь, это биологические взрывы, или скачки. И последний из них, кембрийский парадокс, - стремительное появление множества новых, больших групп организмов.

Внезапное вымирание больших групп организмов, с последующей постепенной сменой биоса характерно также для ветви Ориона, особенность проявления которой связана с развитием серии грандиозных оледенений.

Возможно, в Галактике, или вне ее существует некий механизм, обуславливающий асимметричное воздействие рукавов Стрельца и Персея на динамику Земли. Можно предположить его гравитационную природу, так как следствием его является стягивание легких (относительно манттии) континентальных масс в единую целую при прохождении интервала Персей - Стрелец, и раздвигание этих масс друг от друга при движении от рукава Стрельца к рукаву Персея.

В сводной геологической летописи Земли три временные точки, соответствующие трем важнейшим рубежам, определены достаточно точно, это начала эр: 570; 240 и 67 млн лет назад. Если привязываться к этим точкам, то сценарий прохождения Солнечной системы через спиральные рукава Галактики несколько видоизменяется. Критические периоды, соответствующие встречам с рукавом Стрельца происходят несколько раньше (см. рис. 1, 2), примерно на 25 млн лет; а встречи с рукавом Персея - несколько позже, примерно на 15 млн лет. Анализируя все остальные временные точки с учетом этих сдвигов, в подавляющем большинстве случаев мы приходим к более точной картине совпадения двух шкал, среднее отклонение - на 15 % меньше.

Означает ли это: а) действительное смещение от осевой симметрии двух спиральных рукавов Галактики; б) катастрофические события разного типа происходят на разных кромках спирального узора, т.е. при входе и при выходе из спирального рукава; в) связано с расположением галактических ударных волн на разных кромках спиральных рукавов; г) орбита Солнечной системы вокруг центра Галактики отличается от круговой; или д) это случайное совпадение из-за неточного определения абсолютного возраста событий в геонауках?

Так, расположение ГУВ на задней кромке рукава Персея подтверждается некоторыми данными (Марочник и Сучков, 1984), но в этом случае (с точки зрения положения коротационного круга) противоречит теории и принятому значению скорости вращения спирального узора. Если допустить, что орбита Солнечной системы вокруг центра Галактики отличается от круговой, например, она является эллиптической, то в какой-то степени становится понятным механизм сил сжатия и растяжения, действующих на континентальные массы.

### 5. ПРОВЕРКА ВЫДВИНУТОЙ ГИПОТЕЗЫ

Согласно данной гипотезе, эволюционные процессы на других планетах Солнечной системы, их хронологические шкалы должны повторять в общих чертах сводную летопись Земли, разумеется, с учетом специфики физических условий на данных планетах.

Справедливость выдвинутой гипотезы может быть проверена следующим образом. Если на всех планетах Солнечной системы временные шкалы будут повторять в общих чертах земную, это будет означать существование единой, общей причины эволюции планет; и логично утверждать, что эта причина будет иметь космическую природу.

В литературе встречаются упоминания о стратиграфических шкалах и критических периодах других планет и спутников: Венеры; Луны; Марса. В общих чертах эти данные согласуются с выдвинутой гипотезой. Так, в истории Венеры зафиксированы следы глобальной катастрофы за в период 300-500 млн лет назад (Basilevsky, 1996; Базилевский, 1997). Это был период массовых вулканических излияний и интенсивных тектонических деформаций, который стали называть «тепловым катаклизмом». Здесь наблюдается явное временное несоответствие с гипотезой. Но если исходить из сопоставления с древними эпизодами, то такого рода катаклизм должен относиться к точке 215 - Стрельца. А в эволюции Венеры следует предположить два катаклизма - 585 и 215 млн лет назад.

Возможно также и другие объекты Солнечной системы, включая Солнце, должны были испытывать влияние спиральных волн плотности; и в их истории будут найдены следы катастроф.

С другой стороны, на галактической шкале выделяются точки, которым соответствуют «слабые» события на эволюционной шкале. Например, точка, соответствующая пересечению с ветвью Ориона 1545 млн лет назад. Или - пересечение с ветвью Стрельца 3175 млн лет назад, где значительные динамические события фиксируются только на Луне. Такие точки дадут возможность доказать справедливость гипотезы, если дополнительные

тщательные исследования обнаружат соответствующие события, например, скачки биосферы, оледенения и изменение климата в т. 1545; или распад единого суперконтинента и биологическую катастрофу в т. 3175 и др.

Известно, что когда досолнечное облако встречает волну плотности, происходит загрязнение облака радиоактивными нуклидами, обогащение  $^{129}I$ ,  $^{244}Pu$ ,  $^{26}Al$ . Конечный продукт распада этих элементов -  $^{129}Xe$  и  $^{26}Mg$ . Попытка отыскать их следы в породах того возраста, которому соответствует встреча с волной плотности, но с учетом времени распада этих элементов, может быть успешной. Так,  $I$  и  $Al$  явно имеют влияние на биосферу, а  $^{129}Xe$ , образовавшийся при радиоактивном распаде  $^{129}I$ , распространен на Марсе в большой степени (Рингвуд, 1982).

Зачастую нечеткость многих границ (Хайн, Божко, 1988) возникает из-за того, что два разного типа события объединяются в одно. К примеру, этим может быть обусловлена неопределенность границы архей - протерозой: 2500 или 2600 млн лет? Биологическая эволюция связана с точкой 2805 млн лет (встреча с рукавом Персея), например, появление проводорослей 2800 млн лет назад (Cloud, 1983), а основные события тектонического характера и биокатастрофы - с точкой 2435 млн лет (встреча с рукавом Стрельца). То есть, фактически, это две разные границы.

Известно, что мезозой (240-67) - период наиболее равномерного распределения тепла за всю историю фанерозоя (570-0). Это интервал времени между Стрельцом и Орионом. В таком случае в истории Земли должны существовать еще несколько таких периодов: 955-805; 1695-1545; 2435-2285; 3175-3020; 3915-3765 и 4655-4505.

При пересечении Солнечной системой спирального узора должно увеличиваться количество зафиксированных падений комет, астероидов, метеоритов, болидов.

Можно предположить косвенное влияние спиральных рукавов на инверсионную шкалу геомагнитного поля. Известно, что существовали эпохи с частой сменой магнитных полюсов Земли и эпохи «спокойные», когда инверсий почти не происходило. Перед катастрофами количество инверсий магнитного поля резко сокращалось. Например, установлено, что в меловом и пермском периодах инверсий магнитного поля не было. А это периоды, непосредственно предшествовавшие великим катастрофам, т. е. перед 240 и 67 млн лет назад. В данном случае влияние галактических ударных волн на магнитное поле Земли может проявляться в поддержании или усилении механизма, ответственного за учащение процесса миграции полюсов.

Наступления ледниковых эпох, включающие серию ледниковых периодов могут также развиваться по подобному сценарию: не одно глобальное оледенение, а целая

серия их, растянутая на все время прохождения спиральной ветви, - механизм пульсаций.

Возможно, что и эволюция биосфера происходит таким образом, что очередное прохождение через спиральную ветвь выражается также в усилении пульсаций, - более быстрой смене и эволюции бентоса. Исходя из этого, можно предположить, что после полного прохождения через ветвь Ориона в Солнечной системе наступит эпоха стабилизации, а на Земле живой мир будет подвержен медленному и слабому изменению. Эволюция затормозиться и будет лишь совершенствовать существующие виды. Учитывая расположение Солнца на краю ветви Ориона, можно надеяться, что эта эпоха наступила. И лишь будущая (через 155 млн лет) встреча с рукавом Персея будет причиной нового биологического «взрыва».

## 6. ПРОГНОЗ

Сопоставление двух шкал - галактического и геологического масштабов - это временной и пространственный прогноз. Он позволяет уточнить время крупнейших катастроф и изменений, предсказывает грядущие встречи с галактическими рукавами, позволяет определить важнейшие рубежи в истории всех объектов Солнечной системы.

Например, через 155 млн лет - встречу с рукавом Персея, - основное событие в будущей истории планеты, когда кардинальным образом преобразуется популяция живых организмов на Земле, а разнесенные друг от друга материки вновь начнут свой долгий путь к единому суперконтиненту. А еще через 525 лет встреча с рукавом Стрельца стимулирует новый виток геодинамического цикла - формирование крупных рифтов и распад единого суперконтинента; стремительное и массовое вымирание живых организмов, чтобы в конечном счете вновь начать биологическое совершенствование новых.

Следует подчеркнуть, что прогноз этот является взаимодополняющим. Наличие глобальной упорядоченной эволюционной шкалы, одинаковой для всех планет Солнечной системы - это было бы доказательство существования единой космической причины. И наиболее привлекательной является гипотеза периодических встреч системы со спиральными рукавами Галактики. А это означает, что решается вопрос о численном значении угловой скорости вращения спирального узора, равной 13.5 км/с кпк - модель Лина и др. (Lin et al., 1969). Геодинамические же факты позволяют при этом раскрыть более тонкую структуру спирального узора - асимметрию спиральных рукавов с точки зрения воздействия на эволюцию планетарной системы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хронологическая летопись Земли - это не стремление искусственно упорядочить геологическое время с точки зрения событий, происходящих в нем, но изначально, естественно упорядоченные и периодические процессы, природа которых, физический механизм, лежащий в их основе требуют разгадки.

Наша гипотеза заключается в том, что спиральная структура Галактики является ответственной за существование критических периодов в эволюции планеты.

Согласно развивающейся в настоящее время теории, спиральные ветви галактик представляют собой волны плотности, распространяющиеся по галактическому диску (Марочник и Сучков, 1984). Мы строим две шкалы: одну - взяв за основу допускаемое теорией волн звездной плотности значение угловой скорости вращения спирального узора Галактики, равное 13.5 км/с кпк; другую - выбрав в качестве «опорных точек» три наиболее грандиозные по своему масштабу, охвативших всю планету события: а) эволюционный скачок в кембрии; б) пермо-триасовую катастрофу; в) катастрофу на границе мелового периода; т.е., соответственно, начала фанерозойской, мезозойской и кайнозойской эр.

Две временные последовательности приводят к оди-наковому сценарию: каждые 370 млн лет Солнечная система встречается со спиральными рукавами Галактики, и при этом, проходя между ветвью Стрельца и ветвью Персея, - с рукавом Ориона. (С учетом неопределенности в определении величин  $\omega$  и  $\omega_0$ ,  $\Delta T$  может принимать значения в интервале от примерно  $3.7 \cdot 10^8$  лет до  $2.7 \cdot 10^8$  лет.).

Для объяснения физического механизма взаимодействия Солнечной системы со спиральным узором Галактики, очевидно, имеет значение наличие галактических ударных волн - узкой области сжатого газа вдоль внутренней кромки спиральной волны, которые проявляются целым рядом эффектов (контраст плотности, сжатие межзвездной пыли, фазовые переходы и др.) и могут служить мощным триггерным механизмом звездообразования, уплотняя и охлаждая рождающиеся ею облака.

В рамках данной гипотезы большая часть геодинамических событий получает обоснование. Подавляющая часть точек галактической шкалы соответствует важнейшим рубежам на стратиграфических и геохронологических шкалах.

Сопоставление двух временных последовательностей позволяет уточнить время крупнейших катастроф и изменений в истории Земли, как планеты; предсказывает очередные встречи со спираль-

ными рукавами Галактики и процессы, происходящие при этом; позволяет определить важнейшие рубежи и критические периоды, т.е. хронологические шкалы других планет и объектов Солнечной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев С.Л. Взрывы Галактики. Змежд. конгр. Новые идеи в науках о Земле. Москва, 1997. Тез. Т. 1, М., 1997, с. 20.

Базилевский А.Т. Первая схема глобальной стратиграфии Венеры. Природа. 10, 1997, 21-26.

Баренбаум А.А. Мегацикличность геологических процессов и эволюция Галактики. Циклы природных процессов, опасных явлений и экологический прогноз. Вып.1. М., 1992, с. 26-48.

Глебовицкий В.А., В.М. Шемякин. Расчленение и корреляция раннего докембра. Региональная геология и металлогения. 5. 1996. 25-76.

Заколдаев Ю.А. Геохронологическая шкала фанерозоя как отражение движения Солнечной системы на галактической орбите. Стратиграфия и палеонтология палеозоя Арктики. 1991, с. 157-166.

Марочник Л.С., А.А. Сучков. Галактика. М: Наука. 1984. 392с.

Озима М. История Земли. М: изд-во Знание. 1983. 205с.

Озима М. Глобальная эволюция Земли. М: Мир. 1990. 165с.

Рингвуд А.Е. Происхождение Земли и Луны. М: Недра. 1982. 293с.

Рудник В. А., Э.В. Соботович. Ранняя история Земли. Л: Недра. 1973. 22с.

Семихатов М.А. Новейшие шкалы общего расчленения докембра: сравнение. Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т.1, 1. 1993. 6-20.

Селиверстов Ю.П. Прогнозные оценки состояний окружающей среды в свете современных представлений об эволюции географической оболочки. Известия Русского географического общества. Т. 130, вып. 3. Изд.во Санкт-Петербург: Наука. 1998. С. 25.

Сергеев В.Н. Окременные микрофоссилии докембра и кембрия Урала и Средней Азии. М., 1992.

Сергеев В.Н., Э.Х. Нолл, Г.А. Заварзин. Первые три миллиарда лет жизни: от прокариот к эвкариотам. Природа, 6, 1996. 54-67.

Сивер Р.. Динамичная Земля. В мире науки, 11, 1983. 4-15.

Ушаков С.А., Н.А. Ясаманов. Дрейф материков и климаты Земли. М: Мисль. 1984. 206с.

Фридман А.М., О.В. Хоружий. Предсказание и открытие гигантских вихрей в галактиках. Природа, 9, 1998, с. 25-39.

Хайн В.Е., Н.А. Божко. Историческая геотектоника. Докембр. М., Недра, 1988. 382с.

Хайн В.Е., М.Г. Ломизе. Геотектоника с основами геодинамики. М: Изд-во МГУ. 1995. 480с.

Харлэнд У.Бидр. Шкала геологического времени. М., 1985. 139с.

Ясаманов Н.А. Геохронологическая шкала и геологическое время в свете концепций о галактическом годе. Жизнь Земли: Землевед. и экология. Сборник Музея землеведения МГУ. Вып. 30. М., 1997. С. 187-202.

Alvarez Luis W., Alvarez Walter, Asaro Frank and Michel Helen V. Science. Vol. 208, No. 4448, June 6, 1980, pages 1095-1108.

Alvarez Walter, Asaro Frank. An Extraterrestrial Impact. Scientific American, 1990, Vol. 263, No. 4.

Basilevsky A.T. Geologic history of Venus: Model 96. Ann. Geophys. Part III, Space & Planetary Sciences, Suppl. III. V. 14, 1996, p. 791.

Brimhall George. The Genesis of Ores. Scientific American, 1991, Vol. 264, No. 5.

Cloud P. The Biosphere. Scientific American, Vol. 249, No. 3. 1983.

Cloud P. and Gibor A. The oxygen cycle. Scientific American. 223, 3. 1970. 110-123.

Collar J.I. Clumpy cold dark matter and biological extinctions. Phys. Lett. B. 368, 4. 1996. 266-269.

Courtillot Vincent E. A Volcanic Eruption. Scientific American, 1990, Vol. 263, No. 4.

Fedonkin M.A., Waggoner B.M. Nature. 1997, Vol. 388. P. 868-871.

Fridman A.M., Khoruzhii O.V. Appendix V to book. Dynamics of Planetary Rings. 1998.

Harland W.Brian et al. A Geological Time Scale. Cambridge University Press, 1989

Hutchinson G.E. The Biosphere. Scientific American. 223, 3. 1970. 45-53.

Khrustoforova N. N., Neprimerov N.N., Kushtanova G.G. Heat flow and mantle convection: geometry of flows. Proc. Int. Conf. «Geometrization of Physics II», KSU, Kazan, 1996, pp.104 -118.

Knoll A.H. End of the Proterozoic Eon. Scientific American, Vol. 265, No. 4. 1991.

Kroner A. and Layer P.W. Crust Formation and Plate Motion in the Early Archean. Science, Vol. 256, 5, 1992. 1405-1411.

Latouche L. l'Archeen et les conditions d'apparition de la vie: Geochronique. N 64. 1997. 8-17.

Levinton J.S. The Big Bang of Animal Evolution. Scientific American, Vol. 267, No. 5. 1992.

Lin C.C., Yuan C. and Shu F. The Astrophysical Journal. Vol.155, 1969, p. 721.

Marocchini L.S. Astrophysics and Space Science, 89, 1983, p. 61.

Maruyama S., Kumazawa M. and Kawakami S. Towards a new paradigm on the Earth's dynamics. M. Kumazawa, Maruyama S. Whole Earth tectonics. Jour. Geol. Soc. Japan. Vol. 100, N 1. 1994, p. 1-3; p. 81-102.

Murphy J. Brendan, Nance R. Damian. Mountain Belts and the Supercontinent Cycle. Scientific American, 1992, Vol. 266, No. 4.

Nance R. Daminian, Worsley Thomas R. and Moody Judith B. Supercontinental cycle. Scientific American. 259, 1, 1988.

Neprimerov N.N., Khrustoforova N.N., Kushtanova G.G. Correlation of heat flow with tectonics (convective cells) and hydrogeological fields. Revista Brasileira de Geofisica. 1989. N 7 (2). P. 129 -139.

Reeves H. In: On the Origin of the Solar System, ed. H. Reeves (Nice, France), 1972, p. 376.

Schramm D.N. In: Protostars and Planets. Ed. T. Gehrels. Arisona. 1978.

Seilacher A. Late Precambrian and Early Cambrian Metazoa: Preservational or real extinctions?. Patterns of change in Earth evolution. (Dahlem Conferenzen). H.D. Holland, A.F. Trendall (eds.). Heidelberg, 1984. P. 159-168.

Seyfert Carl K. (Ed). The Encyclopedia of Structural Geology and Plate Tectonics. Encyclopedia of Earth Sciences, Vol. X. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 1987.

Shu Frank H, Milione Vincenzo, and Roberts William W. Nonlinear gaseous density waves and galactic shocks. The Astrophysical Journal. Vol. 183, N 3, Part 1. 1973, p. 819-841.

Siever R. Scientific American, September 1983, Vol. 249, No. 3.

Sleep N.H. J Geol. Research. V. 99, 1994, p. 5639-5655.

Trivedi B.M.P. A new approach to nucleocosmochronology. The Astrophysical Journal. Vol.215, N 3, Part 1. 1977, p. 877-884.

Wilhelms Don E. The Geologic History of the Moon. U.S. Geological Survey.

Wood John A. Processing of chondritic and planetary materials in shocks associated with spiral density waves in the solar nebula. Lunar and Planet Sci. Vol. 27. Abstr. Pap. 27th Lunar and Planet Sci. Conf., March 18-22, 1996. Pt.3. Houston, 1996. P. 1453.

York Derek. The Earliest History of the Earth. Scientific American, 1992, Vol. 267, No. 6.