

УДК 576.15

ГАММА-ВСПЛЕСКИ И ВОЗМОЖНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ "КИРАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ"

В. А. Царев

Возбужденные нейтронные звезды могут быть источниками как наблюдаемых гамма-всплесков, так и продольно поляризованных электронов. Потоки этих электронов, взаимодействуя с органикой в межзвездных газопылевых облаках, могут приводить к избытку молекул с одной киральностью.

Более столетия тому назад Л. Пастером была открыта "зеркальная асимметрия" биосферы. Однако до сих пор природа биологической гомокиральности остается невыясненной (см., например, обзоры [1 – 4]). В последнее время были предложены несколько космических сценариев возникновения гомокиральности. Обычно предполагается, что на стадии предбиологической химической эволюции в межзвездном газопылевом облаке некоторые астрофизические источники могут дать первоначальный "киральный импульс", способствующий предпочтительному синтезу или разложению левых или правых зеркальных изомеров (энантиомеров). В дальнейшем биологически важные молекулы с избытком среди них левых или правых энантиомеров могут попасть на Землю различными путями: (а) за счет аккреции и адсорбции в процессе формирования планет Солнечной системы, (б) путем транспортировки из облака кометами, (в) при прохождении через облако Земли при ее движении в Галактике (время обращения Земли вокруг галактического центра около 250 млн лет), и т.п. Последующая химическая (и биологическая) эволюция могла бы привести к накоплению и усилению кирального избытка и, в конечном счете – к киральной чистоте биосферы.

В качестве возможных космических источников кирального воздействия предлагались следующие три: (1) циркулярно поляризованное электромагнитное излучение от намагниченных вращающихся объектов типа нейтронных звезд или белых карликов [5, 6], (2) поляризованные электроны и позитроны, которые могут возникать при взрывах

сверхновых в результате радиоактивных распадов нестабильных изотопов, выбрасываемых в космическое пространство [7], и потоки нейтрино, испускаемые при взрывах сверхновых [8].

В настоящей работе мы обсуждаем еще один, возможно наиболее эффективный класс источников, связанных с так называемыми гамма-всплесками (см. недавний обзор [9]). Напомним, что гамма-всплески – это кратковременные (порядка нескольких секунд) повышения интенсивности гамма-лучей в диапазоне $0.1 - 1$ МэВ. Источники этого излучения изотропно распределены по небесной сфере, и частота их регистрации составляет приблизительно одно событие в сутки. Природа источников гамма-всплесков к настоящему времени окончательно не установлена, однако целый ряд экспериментальных особенностей излучения указывает на их вероятную тесную связь с нейтронными звездами. (Нас будут интересовать галактические источники; для галактики оценки дают: частота рождения нейтронных звезд $\sim (100 \text{ лет})^{-1}$, их общее число $\geq 10^6$.)

В качестве механизмов, ответственных за излучение нейтронными звездами гамма-всплесков, рассматриваются возмущения, связанные с (а) термоядерными вспышками вещества в поверхностном слое нейтронной звезды, которое аккрецируется со второго компаньона или из межзвездной среды, (б) столкновениями нейтронных звезд с межзвездными кометами или астероидами (полное число комет в галактике с гало оценивается как $10^{32} - 10^{35}$), (в) аккрецией на нейтронную звезду малых тел из околзвездного планетного или кометного облака, (г) спорадическими "звездотрясениями", обусловленными неравновесным составом нейтронной звезды, возможными фазовыми переходами или вихрями вращения сверхтекучего ядра нейтронной звезды; (д) для более мощных гамма-всплесков были предложены модели столкновений и слияния компаньонов тесных двойных систем (нейтронной звезды с нейтронной звездой или черной дырой), сопровождающихся образованием и разлетом "файербола" – сгустка фотонов, электрон-позитронных пар и барионов (в основном нейтронов).

Рассмотрим теперь, как подобная возбужденная нейтронная звезда, находясь вблизи или внутри газопылевого облака, могла бы оказать селективное киральное воздействие на молекулы-энантиомеры, входящие в состав облака.

Вне зависимости от конкретного механизма возбуждения нейтронной звезды, приводящего к видимому энерговыделению $10^{36} - 10^{42}$ эрг (в том случае, если источник гамма-всплеска имеет галактическую природу), можно ожидать выброса в окружающее космическое пространство некоторой доли ϵ массы адронного вещества нейтронной звезды (в основном в виде нейтронов). Ожидаемая величина ϵ в разных моделях воз-

буждения различна. Предположим для определенности, что $\epsilon = 10^{-3}$. Для типичной массы нейтронной звезды, равной солнечной массе, это соответствует выбрасыванию около 10^{54} нейтронов. Распадаясь, нейтроны будут испускать левополяризованные электроны с энергиями порядка 0.4 МэВ . В газопылевом облаке с типичной плотностью 10^4 атомов/см^3 эти электроны будут пробегать расстояние $\approx 10^{19} \text{ см}$ до их остановки. Предполагая [7], что доля органики в облаке составляет 10^{-3} , и что только одно из столкновений каждого электрона с молекулой может привести к спиновому обмену, найдем, что полное число асимметричных взаимодействий электронов с органическими молекулами типичного облака размером в несколько парсек составляет около 10^{51} . Это примерно на порядок превосходит ожидаемое число подобных столкновений при выбросе радиоактивных продуктов при взрывах сверхновых и на много порядков превосходит минимальное число столкновений с органическими молекулами, при котором асимметричное взаимодействие (радиолиз) является статистически важным. Поскольку асимметрия в рассеянии, обусловленная слабым взаимодействием, составляет $10^{-11} - 10^{-6}$ (в зависимости от энергии электронов [10]), то это минимальное число равно $\sim 10^{22}$.

Заметим, что имеется существенное отличие предлагаемого здесь механизма кирального воздействия нейтронных звезд (посредством поляризованных электронов) от рассматривавшегося ранее воздействия циркулярно поляризованным электромагнитным излучением [5, 6]. Последнее имеет противоположную поляризацию от противоположных полюсов нейтронной звезды, и при воздействии на облако многих звезд суммарный эффект стремится к нулю. В противоположность этому электроны, импульсируемые возбужденной нейтронной звездой, всегда имеют поляризацию одного знака (левую) и эффект действия многих звезд суммируется.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mason S. Chem. Soc. Rev., **17**, 347 (1988).
- [2] Mac Dermott A. J., Tranter G. E. Croatica Chemica Acta, **62** (2A), 165 (1989).
- [3] Гольданский В. И., Кузьмин В. В. УФН, **157**, в. 1, 3 (1989).
- [4] Keszthelyi L. Quarterly Rev. Biophysics, **28**, 4, 473 (1995).
- [5] Bonner W. A. Orig. Life Evol. Biosphere, **21**, 59 (1991).
- [6] Greenberg J. M. et al. J. Biol. Phys., **20**, 61 (1994).
- [7] Cline D. Comments Nucl. Part. Phys., **22**, no. 3, 131 (1997).
- [8] Царев В. А. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 1, 18 (1999).

- [9] Лучков Б. И., Митрофанов И. Г., Розенталь И. Л. УФН, 166, N 7, 743 (1996).
- [10] H e g s t r o m R. A. Nature, 297, 643 (1982).

Поступила в редакцию 4 декабря 1998 г.