

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ БИОХИМИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ ВНЕЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

К.Б.Шумаев, А.Ф.Топунов

Институт Биохимии А.Н.Баха, Ленинский пр-т 33, стр.2, Москва, 119071, Россия, тел. +7(916)642-14-19, e-mail: tomorov@mail.ru

В связи с новыми данными, полученными при исследовании солнечной системы и открытием экзопланет, особенно землеподобных, резко возрос интерес научного сообщества к проблеме существования внеземной жизни. Эта проблема тесно связана с проблемой возникновения и эволюции земной биосферы. В том числе с ответом на вопрос насколько «магистральным» является доминирующий в настоящее время на нашей планете вариант метаболизма и возможны ли другие варианты развития биосферы. В отличных от Земли условиях (химический состав среды, температура, давление, спектр и интенсивность электромагнитного излучения и т.д.) могли возникнуть варианты биосфер, основанных на метаболизме, характерном для земных экстремофилов. Таким образом мы можем судить о гипотетических формах жизни с альтернативной биохимией, исходя из разнообразия биохимических процессов происходящих у земных организмов. Для возникновения этих форм жизни как минимум необходимо появление следующих взаимосвязанных биохимических систем:

1. системы репликаторов или матричного синтеза биополимеров;
2. системы энергетического метаболизма, т.е. системы продуцирования энергии в реакциях с участием редокс-активных соединений;
3. системы защиты от внешних физико-химических факторов и метаболитов, имеющих высокую реакционную активность (радиация, свободные радикалы и другие активные соединения, вызывающие деструкцию биополимеров).

При некоторых физико-химических условиях, альтернативные (не основанные на ДНК и РНК) репликаторы могут оказаться предпочтительнее. В таких репликаторах в качестве матричных молекул могут выступать аналоги нуклеиновых кислот, в состав которых входят неканонические пары оснований или дезоксирибоза и рибоза заменены другими сахарами.

Энергетический метаболизм большинства современных земных организмов основан на окислении органических веществ кислородом (aerobic respiration). Однако возможно существование внеземных биосфер, в которых доминируют анаэробные экосистемы. Так, эффективной альтернативой молекулярному кислороду являются соединения содержащие предельно окисленную шестивалентную серу (S^{6+}) или пятиявалентный азот (N^{5+}). Существенно, что продукты образующиеся при восстановлении этих соединений могут вновь окисляться в результате аноксигенного фотосинтеза или хемосинтеза.

Биосферы основанные на альтернативной биохимии могут заметно расширить зону обитаемости экзопланет. В солнечной системе потенциально обитаемыми являются Марс, спутник Юпитера Европа а также спутники Сатурна - Титан и Энцелад. Интересно, что даже в ходе эволюции земной жизни возникли экосистемы, способные существовать без солнечной энергии и при низких концентрациях кислорода. Это глубоководные биоценозы “черных курильщиков” и метановых сипов.

Преобладание в биосфере аэробного или анаэробного метаболизма может влиять на эволюцию протекторных, особенно антиоксидантных систем. Действительно, кислородный фотосинтез и аэробное дыхание являются источниками токсичных активных форм кислорода. Ещё одним, фактором влияющим на направление эволюции внеземных биоценозов может быть доступность микроэлементов играющих важную роль в регуляторных, протекторных и энергопреобразующих системах. Мы полагаем, что коэволюция этих систем является общим условием существования как земной, так внеземной жизни, позволяя живым организмам не только приспосабливаться к среде обитания, но и изменять её.