

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ» (ВОЕ'2007)

С 28 октября по 2 ноября 2007 г. в городе Лутраки (Греция), расположенном на Коринфском перешейке, проходила Вторая международная конференция «Происхождение и эволюция биосферы» (ВОЕ'2007). Конференция была организована под эгидой подпрограммы II программы № 25<sup>1</sup> фундаментальных исследований президиума Российской академии наук «Происхождение и эволюция биосферы». Непосредственными организаторами конференции являлись: Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Палеонтологический институт РАН, Институт цитологии и генетики СО РАН, Институт геологии и минералогии СО РАН. Международный научный комитет конференции включал как ученых, работающих в рамках подпрограмм I и II программы № 25, так и зарубежных ученых из США, Франции, Японии, Бельгии, Норвегии, Канады, Польши. Конференция собрала 182 участника из 12 стран.

В процедуре открытия конференции принимал участие посол Российской Федерации в Греции А.В. Вдовин.

Конференция была междисциплинарной: в ней участвовали представители таких наук, как астрономия, химия, геология, геофизика, палеонтология, экология, микробиология, зоология, ботаника, паразитология, генетика, молекулярная биология, биоинформатика и археология. В работе конференции участвовало большое количество членов РАН: академики Г.А. Заварзин, А.С. Спиринов, В.Н. Пармон, Э.М. Галимов, В.В. Власов, Ю.Н. Журавлев, М.А. Грачев; члены-корреспонденты А.Ю. Розанов, Н.А. Колчанов, М.А. Федонкин, М.Я. Маров, А.В. Каныгин. Среди зарубежных ученых можно указать таких крупных специалистов, как M. Russell, G. Hornesck, R. Hoover, занимающих высшие позиции в международном обществе ISSOL, разрабатывающем проблематику, близкую данной

конференции. Всех участников конференции объединял интерес к вопросам возникновения, организации и эволюции биосферы.

Конференция ВОЕ'2007 продолжает традицию междисциплинарных подходов к исследованию происхождения и эволюции биосферы, заложенную совещаниями и симпозиумами в Новосибирске (2000, 2005 гг.), Москве (2002 г.) и на Алтае (2003 г.).

ВОЕ'2007 преследовала такие цели, как:

- обобщение материалов, имеющих отношение к проблемам происхождения и эволюции биосферы, накопленных биологами, геологами, химиками, археологами и представителями других специальностей;
- поиск новых междисциплинарных подходов для решения проблем происхождения и эволюции биосферы;
- выработка доступного разным специалистам языка общения, обеспечивающего восприятие результатов по смежным дисциплинам в указанной области.

В отличие от одноименной конференции, проходившей в 2005 г. в г. Новосибирске, на конференции в г. Лутраки были представлены ученые, работающие как в подпрограмме I, так и в подпрограмме II программы № 25 президиума РАН. Вследствие этого тематика докладов на ВОЕ'2007 охватывала более широкий спектр проблем в области астробиологии, геологии и палеонтологии в дополнение к молекулярно-биологическим, биохимическим, эколого-ценотическим, филогеографическим и археологическим направлениям.

Можно сказать, что если на ВОЕ'2005 ученые различных специализаций только начинали находить общий язык в рамках междисциплинарной парадигмы исследований, то результатом ВОЕ'2007 явилось формирование коллектива единомышленников.

В целом круг проблем, рассмотренных на конференции, можно условно разбить на 8 основных направлений. Поскольку многие из

<sup>1</sup> В 2007 г. программе был присвоен новый номер 18, под которым она сейчас и фигурирует.

представленных на ВОЕ'2007 результатов были получены на стыке наук, зачастую трудно было решить, в какое из 8 направлений был внесен наибольший вклад тем или иным сообщением. Отсюда и определенная условность приведенной ниже градации.

1. Астробиология, абиогенный синтез и химическая эволюция вещества на догеологических этапах формирования Земли (от проблем пребиотического синтеза органики в космосе, до проблем панспермии и поисков внеземной жизни в Солнечной системе и на планетах других звездных систем);

2. Безматричный синтез органических соединений на биоминеральных системах, биоминералы, биоминералогия (роль минералов в процессе возникновения и эволюции жизни, включая современное биоминералообразование в скелетных и других тканях);

3. Мир РНК (изучение возможностей существования живых систем на базе РНК как важнейшей переходной ступени от предбиологической органики к современному живому миру);

4. Архейско-протерозойские биологические системы (изучение ископаемых останков архейско-протерозойских экосистем, поиск и исследование их современных аналогов);

5. Биогеоароморфозы и коэволюция абиотических и биотических событий (проблемы взаимодействия и коэволюции биосферы с другими географическими оболочками Земли – литосферой, гидросферой, гляциосферой и др., а также климатом);

6. Экосистемно-биоценотическая организация и эволюция (эволюция экосистем фито- и зоогеография, а также экоценотические механизмы эволюции);

7. Генетические механизмы биологической эволюции и корреляция био-геологических событий (генетические механизмы эволюции – от молекулярно-генетических до хромосомных, проблемы взаимодействия эволюционных процессов на молекулярно-биологическом, хромосомном, морфологическом, популяционном, экосистемном и биотическом уровнях, а также проблемы датировки эволюционных событий по «молекулярным часам» и их соотнесение с другими датировками);

8. Механизмы антропогенеза и расселение человека (проблемы антропогенеза, его изуче-

ние археологическими и молекулярно-биологическими методами, а также палеорекострукция древних экосистем и выявление в них роли древнего человека, возникновение одомашненных и синантропных видов).

Остановимся прежде всего на пленарных докладах и устных сообщениях, в которых рассматривались основополагающие проблемы происхождения и эволюции биосферы.

В пленарном докладе Н.Л. Добрецова, Г.А. Заварзина, Н.А. Колчанова и Ю.А. Розанова «The origin and evolution of the biosphere: an interdisciplinary view», открывавшем конференцию, был подведен итог четырехлетней работы подпрограммы II. В лаконичной форме на богатом иллюстративном материале были представлены наиболее яркие результаты по всем 8 вышеперечисленным направлениям в контексте их междисциплинарного характера. Ниже представлены некоторые из выводов этого пленарного доклада.

1. Эволюция жизни протекает стадийно: периоды взрывной генерации разнообразия как в предбиологических самовоспроизводящихся системах, так и биологических (организмы, популяции, экосистемы и биосфера<sup>2</sup>) сменяются длительными периодами стазиса.

2. Пути генерации разнообразия как на этапе предбиологической, так и биологической эволюции могут быть разнообразны (дарвиновский отбор, нейтральная или близкая к нейтральной эволюция, горизонтальный перенос, симбиогенез и др.). Тем не менее каким бы путем ни шла генерация разнообразия, она всегда канализована. Ограничение «сверху» накладывается внешними условиями – прежде всего динамикой геологических, тектонических и климатических процессов. Ограничение «снизу» задается наследственной памятью самовоспроизводящихся систем, определяющей набор регуляторных отрицательных обратных связей. Взрывное увеличение разнообразия связано с моментами слома таких ограничений. Причины слома могут быть как внешними, так и внутренними.

3. Внешние причины связаны, прежде всего, с коэволюцией биосферы и геосферы. Интер-

<sup>2</sup> Формализация такой иерархии с последующим математическим моделированием была рассмотрена в сообщении Ю.А. Журавлева и В.А. Аветисова «Hierarchy of biological evolutionary emergence».

ференция необратимых процессов остывания и дифференциации земных недр задает сложную циклику вулканизма, влияющего на подпитку Мирового океана элементами-биогенами, безусловно, необходимыми биосфере, на скорость процессов выветривания, ландшафт и климат планеты. В частности, колебания вулканизма, связанные с перестройкой динамики тепловых конвективных потоков в мантии («плюмовые капельницы»), хорошо согласуются с периодами великих вымираний биоты, выделяемыми палеонтологами.

4. Внутренние причины эволюции связаны с особенностями организации живых самовоспроизводящихся систем. Живые системы (организмы, популяции, экосистемы и биосфера в целом) в периоды стазиса способны накапливать и обнейтральивать изменчивость, не проявляющуюся или слабо проявляющуюся на фенотипическом уровне (так называемая проблема скрытой изменчивости). Накопление скрытой изменчивости возможно в первую очередь за счет обнейтральивающего потенциала контуров с отрицательными обратными связями. Важный вклад вносит также вырожденность кодов, используемых в биологических системах (в том числе и генетического кода). Важно, что обнейтральивающий потенциал, каким бы ни был его молекулярно-биологический механизм, конечен, поэтому стазис не может длиться вечно даже при неизменных внешних условиях. Кроме того, скорости и векторы эволюции на разных уровнях иерархии (молекулярно-биологическом, морфологическом, организменном, популяционном, экосистемно-ценотическом и, наконец, биосферном) могут существенно различаться. Таким образом, в отличие от классической схемы движущего отбора, когда мутации тестируются сразу после их появления, в момент слома или перегрузки обнейтральивающего механизма мутации будут тестироваться «оптом», случайно подобранными ансамблями, отбор вынужден оптимизировать такие ансамбли (режим «адаптивной оптимизации»).

Следовательно, процесс эволюции мыслится стадийным: сначала исчерпание пространства логических возможностей в рамках существующих ограничений, а затем – слом этих ограничений, формирование нового пространства логических возможностей, его заполнение. За-

полнение может идти несколькими волнами при различном давлении отбора. Можно сказать, что жизнь имеет потенциал прорыва в хаос – к эволюции без ограничений, но вместо этого она создает себе каждый раз новые граничные условия (благодаря которым и выживает в изменившихся условиях среды).

В следующей пленарной лекции «The concept of ordering and the origin of life», – прочитанной Э.М. Галимовым, одним из руководителей подпрограммы I программы президиума РАН № 25, был предложен взгляд на возникновение и эволюцию жизни как формирование все более усложняющегося комплекса сопряженных химических реакций. Критическую роль сыграло включение в этот комплекс реакции гидролиза АТФ. Эта реакция обеспечила энергией все остальные реакции комплекса, став, таким образом, первым универсальным процессом и задав важное граничное условие – в дальнейшем в комплекс могли включаться только совместимые с ней реакции. Следующим граничным условием стало возникновение универсального процесса матричного синтеза нуклеиновых кислот и матричного синтеза аминокислотных катализаторов – белков. Возникновение этих АТФ-зависимых процессов завершило первые стадии биохимического этапа формирования жизни.

На конференции было сделано 10 пленарных докладов по наиболее крупным направлениям исследований, 10 ключевых докладов и 46 устных докладов. Постерная часть конференции из 70 презентаций закончилась круглым столом с краткими выступлениями по проблеме предбиологической эволюции, мира РНК и происхождения клетки. Выступило около 30 ученых, круглый стол вел академик Г.А. Заварзин. На конференции присутствовали западные корреспонденты, освещающие проблемы астробиологии, происхождения эволюции и биосферы.

Большой объем представленных результатов и широкий спектр исследовательских подходов, охватывавший практически весь арсенал средств современной науки (от астрономии до различных областей экологии, молекулярной биологии и антропогенеза), не позволяют в равной мере осветить все сделанные сообщения. Чтобы очертить 8 основных направлений работы конференции, будет рассмотрен, в основном, материал пленарных докладов. Ма-

териал остальных сообщений (устные доклады, устные сообщения, стендовые доклады) будет рассмотрен для конкретизации основных положений пленарных докладов.

Весьма представительны были первые два направления: «Астробиология и абиогенный синтез...» (7 пленарных докладов, 5 устных докладов, 13 устных сообщений и 19 стендовых докладов) и «Безматричный синтез органических соединений...» (9 устных сообщений и 17 стендовых докладов). По существу два этих направления слились в одно более общее: «Астробиология и физико-химические условия возникновения жизни».

В пленарном докладе В.Н. Снытникова «Astrocatalysis» рассмотрены условия и механизмы синтеза пребиотической органики в аккреционном диске протозвезды. Гравитационная нестабильность в таком диске формировала очаги локального изменения плотности газопылевой среды. Именно в таких очагах за счет аккреции твердых частиц (от пыли до комет и астероидов) мог идти планетогенез. При этом очаги формировали грандиозные (сопоставимые по размерам с Солнцем) химические реакторы для синтеза первичной органики. Такие глобальные космохимические реакторы использовали в качестве источника энергии протозвезду, а в качестве катализатора – космическую пыль. Важно, что органика облегчала один из лимитирующих процессов – формирование крупных «комков» – материала для будущих комет, астероидов, метеоритов и планет из мелких пылевых частиц. Набравшие критическую массу такие «комки» могли участвовать в ударной (импактной) аккреции. Таким образом, пребиосфера создавала среду для себя – планеты.

Тема астрокатализа была популярна на конференции. Многочисленные сообщения на эту тему можно разбить на три группы.

Первая группа сообщений касалась проблем функционирования глобальных космохимических реакторов в целом. Например, упомянутый выше аккреционный диск, рассматривавшийся В.Н. Снытниковым, облака космической пыли, о которых шла речь в сообщении М.Б. Симакова «Chemical evolution in open space: a link with the origin of life on earth» и др.

Вторая группа сообщений была посвящена конкретным механизмам астрокатализа в

глобальных космохимических реакторах. Эти вопросы обсуждались в сообщениях следующих авторов: В.А. Отрощенко, Н.В. Васильева «Формирование РНК-олигонуклеотидов на минеральных поверхностях при воздействии ультрафиолета»; М.В. Герасимов и др. «Возможность синтеза органики за счет энергии столкновений метеоритов при формировании Земли и планет»; Г.А. Манагадзе «Синтез органики за счет энергии плазменных факелов, возникающих при метеоритных ударах»; Т.В. Маркелова, О.П. Стояновская – «Роль коагуляции и экзотермических реакций в развитии процессов гравитационной нестабильности и динамики аккреационного диска» и др.

Особо следует отметить доклад В.Н. Пармона «Autocatalytic reactions and natural selection at prebiological steps of the Earth evolution», посвященный вопросам возникновения естественного отбора в автокаталитических и цепных нематричных реакциях пребиотического синтеза органики<sup>3</sup>. Попытки экспериментально получить такие реакции заставили авторов полностью изменить условия протекания реакции Бутлерова: олигомеризация формальдегида была активирована как фотохимическим, так и каталитическим способом. Важно, что такая совокупность условий (распыленный катализатор, контакт жидкой и твердой фаз, ультрафиолет) могла иметь место как на древней Земле, так и на планетезималиях, астероидах и кометах аккреационного диска.

Третья группа сообщений содержала результаты исследований, проводившихся с помощью космических аппаратов, телескопов и прочих технических средств, направленных на изучение геологических, термохимических, климатических и т. д. условий на планетах Солнечной и других звездных систем. Авторы этих работ пытались ответить на вопрос, могла ли в этих условиях зародиться и эволюционировать жизнь.

<sup>3</sup> Классические теоретические работы М. Эйгена, В.А. Ратнера, Дж. Бернала и др. рассматривали естественный отбор в автокаталитических системах с матричным синтезом. Именно матричный синтез обеспечивал механизм запоминания и воспроизведения результатов естественного отбора. Материал для отбора давали ошибки матричного синтеза – мутации. На ВОЕ'2007 была представлена оригинальная теоретическая работа Ю.Н. Журавлева и Е.Я. Фрисмана «The heterogeneity of spatial distribution of primordial organic substance as an initial stage of the biological evolution», посвященная роли матричного синтеза в генерации наследственной и ненаследственной изменчивости.

Поиск планетных систем у звезд лишней раз подчеркнул уникальность нашей Солнечной системы. Наиболее распространенными среди открытых экзопланетных систем оказались системы с «горячими юпитерами». Реконструкции условий на спутниках таких экзопланет и анализу возможности приспособления жизни к экстремально горячим условиям был посвящен доклад Л.В. Ксанфомалити «Physical conditions on Mercury in comparison with satellites of the extrasolar planets considered as possible harbor of life».

Проблемы перехода от предбиологической органики к миру биополимеров рассматривались в направлении 3 «Мир РНК» (1 пленарный доклад, 4 устных сообщения и 3 стендовых доклада). Исследования последних лет убедительно свидетельствуют о том, что на самом раннем этапе эволюции биосферы мир РНК действительно существовал. Однако предстоит выяснить, соответствовал ли он живым системам клеточного уровня или ограничивался бесклеточными ансамблями самовоспроизводящихся и способных к эволюционному развитию молекул РНК. Открытым остается и вопрос о том, где возник и существовал мир РНК. В пленарном докладе А.С. Спирина «When, where and in which conditions RNA world arise and evolve?» сформулированы основные парадоксы в различных сценариях возникновения мира РНК – гипотетической стадии жизни, на которой РНК выполняла роль матрицы и (в комплексе с ионами металлов) роль ферментов-катализаторов.

«Водный парадокс» заключается, с одной стороны, в нестабильности молекул РНК в воде, а с другой – в необходимости воды для большинства биохимических реакций.

«Конформационный парадокс» состоит в том, что для матричного комплементарного самовоспроизведения лучше всего подходит двуцепочечная РНК, тогда как рибозимы формируются на базе одноцепочечных РНК.

«Геологический парадокс» заключается в небольшом временном интервале, отделяющем «лунную стадию» формирования Земли от появления первых следов жизни в формации Исуа.

Суммируя данные, представленные специалистами в области астрономии и геологии, с одной стороны, и палеонтологии – с другой, можно сказать, что для формирования мира

РНК на Земле и его эволюции в современный белково-нуклеиновый мир слишком мало времени. Поэтому накопление органических молекул, необходимое для возникновения мира РНК, и создание условий поступления в развивающиеся системы энергетически богатых молекул должны были происходить либо на других космических телах (планетах, кометах, астероидах), либо даже идти в условиях открытого космоса на этапе планетогенеза.

Однако такую точку зрения разделяли не все – пессимистический взгляд на возможность возникновения мира РНК на Земле, по мнению В.В. Власова, обусловлен недостаточными экспериментальными исследованиями<sup>4</sup>. Например, в сообщении Р. Baaske *et al.* «Extreme accumulation of nucleotides in hydrothermal pore systems: a solution for the concentration problem of the origin of life?» было показано, что микропористые породы, из которых сложены гидротермальные постройки в условиях сильных температурных градиентов, могут функционировать как реакторы с несколькими компартментами. В одних компартментах таких реакторов идет абиогенный синтез нуклеотидов и олигонуклеотидов. Продукты этого синтеза эффективно удаляются по микроканалам, пронизывающим породу, за счет конвекции и термодиффузии в другие компартменты – донную область пор, где и накапливаются, избегая, таким образом, повторного разложения. Такого типа природные реакторы могут образоваться в условиях вулканической активности в горячих источниках (в том числе, возможно, и в настоящее время).

Наиболее кардинально «водный парадокс» разрешается, если предположить существование «холодного» мира РНК в пространстве, где соприкасаются вода и лед. Географическую оболочку Земли, термохимические условия которой позволяют существовать одновременно твердой, жидкой и газообразной фазам, Дж. Берналл в 1969 г. предложил назвать эквilibриосферой и считал наиболее перспективной с точки зрения зарождения жизни. Современная биосфера Земли включает в себя эквilibриосферу. Эквilibриосфера выявлена и на других телах

<sup>4</sup> Компромиссный вариант – возможность многократного возникновения мира РНК (в том числе и в настоящее время), утилизирующего как абиогенную (в космосе), так и биогенную (на Земле) органику, обсуждался в кулуарах.

Солнечной системы. Однако Бернал имел в виду «теплую» эквilibriumсферу, предлагая на роль таковой, например, межслоевую воду монтмориллонита и других глинистых минералов. На ВОЕ'2007 широко обсуждалась возможность существования «холодной» эквilibriumсферы как наиболее пригодной для мира РНК.

Так, в сообщениях В.В. Власова «Catalysis in the RNA WORLD» и А.В. Лутая «The nonenzymatic recombination of RNA oligonucleotides catalyzed with magnesium ions» был развит сценарий возникновения мира РНК как постепенного усложнения молекул-рибозимов. Формирование длинных молекул РНК должно было стать ключевым моментом этого сценария. Этот процесс мог идти в два этапа. На первом этапе длинные молекулы РНК могли формироваться в результате процессов рекомбинации коротких олигонуклеотидов, и катализаторами этого процесса могли служить ионы некоторых металлов.

За счет спаривания комплементарных участков таких коротких олигонуклеотидов могли возникать простейшие бинарные рибозимы (например, типа головки молотка). Экспериментально показано, что бинарный рибозим обладает более высокой эффективностью в реакции расщепления, что обусловлено ускорением процессов ассоциации–диссоциации отдельных частей такого рибозима с субстратом. Введение мутаций в неконсервативные районы таких рибозимов позволяет менять их специфичность. Важно, что некоторые из таких рибозимов, например, шпилечный рибозим, эффективно функционируют при температурах ниже нуля. На втором этапе формирования мира РНК за счет работы таких рибозимов в условиях низких температур из коротких олигонуклеотидов должны были синтезироваться длинные молекулы РНК, способные играть роль матриц и взаимодействовать с липидными микросферами.

Однако поскольку существование «холодной» эквilibriumсферы на горячей ранней Земле проблематично, мир РНК приходится вынести в космос, чем сразу разрешается «геологический парадокс». Т. е. мир РНК может оказаться старше Земли. «Конформационный парадокс» разрешается, если предположить, что в ходе эволюции мира РНК был сформирован первичный генетический код, а затем и белково-нуклеиновая жизнь современного типа.

Сформулированные А.С. Спириным парадоксы послужили осью, вокруг которой вращалась дальнейшая дискуссия в рамках направлений «Мир РНК» и «Астробиология». В своем докладе А.С. Спирин рассмотрел лишь один тип реактора, в котором мог идти абиогенный синтез рибонуклеотидов – реактор с полным перемешиванием.

Другой, более эффективный, тип реактора (с разделением фаз) был теоретически рассмотрен в сообщении С.И. Барцева и В.В. Межевикина «On arising matrix synthesis of linear polymers in phase-separated autocatalytic systems». Изучение структуры геологических пород и минералов открывает широкий спектр возможностей для существования реакторов такого типа в природе. Например, сложные системы пор и внутренних полостей гидротерм, межслоевые полости монтмориллонита, согласно И.В. Ильиной с соавторами («Natural montmorillonite clay as prebiotic catalyst»), карбогидраты, по мнению О.П. Пестуновой с соавторами («Prebiotic carbohydrates and their derivatives»).

Такой широкий спектр возможностей делал развернувшуюся дискуссию крайне интересной и насыщенной. Можно сделать вывод, что чрезвычайно перспективно при рассмотрении проблемы биогенеза не замыкаться в рамках одного направления или концепции, а рассматривать весь спектр потенциальных возможностей (в данном случае – типов реакторов<sup>5</sup>, в которых могли идти предбиохимические реакции). Современные исследования показывают чрезвычайную распространенность параллелизмов в эволюции живых организмов. Было бы странно, если бы на добиологической стадии среди гораздо менее сложных систем параллелизмы были менее распространены.

Широко было представлено направление 4 «Архейско-протерозойские биологические системы» (4 пленарных доклада, 15 устных сообщений и 24 стендовых доклада). Основополагающая идея пленарной лекции Г.А. Заварзина «Soda continent and its microbiota» заключалась в том, что недопустимо рассматривать жизнь только с узкобиохимических позиций. Чтобы считаться жизнью, система сопряженных автокатали-

<sup>5</sup> Еще один тип химического реактора – реактор с «кипящим» слоем был рассмотрен В.Н. Снытниковым в отмеченном выше докладе «Astrocatalysis».

ческих реакций должна не просто самовоспроизводить себя, но самовоспроизводить себя в масштабах планеты. Иначе она обречена на скорое в геологических масштабах времени вымирание в результате исчерпания необходимых для ее поддержания ресурсов и/или внезапного изменения геологических условий.

Иными словами, по мнению автора, жизнь начинается с формирования биосферы, в рамках которой основные биохимические реакции будут сопряжены с геохимическими циклами. Только такая система обладает устойчивостью, чтобы существовать длительное геологическое время. Только такая система способна к дальнейшей эволюции, однако она же ставит жесткие граничные условия этой эволюции – все новое должно вписываться в уже существующую систему биогеохимических циклов. Основным абиогенным циклом Земли служит цикл углерода, так называемый карбонатный цикл. В связи с этим Г.А. Заварзиным была поставлена задача найти простейшую автономную экосистему, сопрягающуюся с карбонатным циклом через цикл органического углерода Сорг. Кроме того, искомая экосистема должна обладать достаточным биоразнообразием, чтобы самостоятельно замыкать остальные биохимические циклы (серы, фосфора, азота, кислорода и др.). Это обязательное условие автономности. Как подчеркнул автор, этим критериям удовлетворяют прокариотические экосистемы содовых озер. Потенциал биохимического биоразнообразия позволяет им эволюционировать в бактериальные экосистемы почв, пресных и соленых (цианобактериальные маты) вод. Таким образом, экосистема содовых озер удовлетворяет условиям предковой экосистемы, из которой в протерозое могло развиваться все прокариотическое разнообразие фототрофной биосферы Земли. Основной тенденцией этой эволюции была специализация тех или иных членов трофического сообщества содовых озер при освоении новых биотопов (включая тела возникших эукариот).

В рамках своей концепции содовых озер Г.А. Заварзин рассматривает биосферу, состоящую из функционально и биохимически специализированных прокариотических клеток. Однако вопрос о месте формирования систем метаболизма и структур самой клетки

автор оставляет открытым. Принципиально возможны три варианта: 1) формирование клетки в условиях содового водоема; 2) занос клеточных форм жизни из космоса и 3) компромиссный вариант – отдельные системы метаболизма формировались в различных биотопах, а их «сборка» в единую клетку происходила в содовых водоемах за счет горизонтального переноса и симбиогенеза. На конференции были рассмотрены данные в пользу всех трех вариантов.

В пользу первого варианта – появления клетки на Земле в результате панспермии – свидетельствуют доклады R. Hoover «Microfossils in carbonaceous meteorites: to the origin and extent of the biosphere» и М.Я. Марова и С.И. Ипатова «Volatiles and biogenic and dust particles». Фотографии артефактов, напоминающих не только прокариотические клетки, но и сообщества, построенные такими клетками, – прокариотические маты – представлены в докладе R. Hoover. Сообщение М.Я. Марова и С.И. Ипатова посвящено участию комет в формировании гидросферы ранней Земли. Авторы отметили также роль космической пыли как потенциального переносчика живых организмов. Эксперименты по выживанию различных бактерий и фагов в условиях кратковременного нагрева до 200 °С показывают, что у «космических путешественников» были шансы уцелеть даже при относительно «жесткой посадке». Интересно подошла к проблеме G. Homeck, рассмотрев в сообщении «Migration as an intrinsic attribute of life» возможность панспермии в свете современных данных об «экстремофильных» микроорганизмах и условиях, при которых споры этих организмов могут переноситься с планеты на планету с сохранением жизнеспособности.

В целом представленные факты дают аргументы в пользу принципиальной возможности заноса на Землю из космоса не только отдельных организмов, но и – что еще более замечательно – целых прокариотических сообществ. Последний момент особенно важен, так как занесенные из космоса сообщества микроорганизмов, связанные уже установившимися трофическими связями, имели гораздо больше шансов колонизировать наземные биотопы (те же содовые водоемы) по сравнению с отдельными бактериями.

В пленарном докладе «The alkaline solution to the emergence of life» (M.J. Russelle) был рассмотрен сценарий формирования клетки в условиях содовых водоемов, содержащих гидротермальные постройки. Сложная ячеистая структура таких построек, обогащенная металлами (прежде всего железом) и серой, могла служить проточным реактором для каталитического синтеза первичной органики. Кроме того, ячейки этой структуры могли аккумулировать в себе компоненты протоклеток до тех пор, пока не сформировались липидная мембрана и цитоскелет. Липидная мембрана должна была формироваться на границе раздела двух сред: 1) холодной, кислой и окисляющей воды Хадейского океана<sup>6</sup> и 2) горячего, щелочного и восстановительного флюида гидротермы.

В таких условиях, прежде всего, мог возникнуть биохимический ацетил КоА-путь, причем пространственное разделение реакций ацетогенеза и метаногенеза могло служить основой для дивергенции эубактерий и археобактерий. Оба макротаксона могли формироваться одновременно в пространственно разделенных компартментах гидротермальной постройки, используя цикл сопряженных геохимических реакций и общий пул базовых катализаторов. Таким образом, организмогенез мог идти одновременно с экогенезом – формированием первых экосистем.

К компромиссному варианту можно отнести сообщение М.А. Федонкина «Metal catalysts and hydrogen in the initiation of life». Автор делает попытку реконструировать эволюцию биохимических путей, обеспечивающих клетку энергией. Этой же проблеме посвящено сообщение М.А. Федонкина и его зарубежного коллеги R. Hengeveld «Life starting up: the quest for a mechanism». Авторы сравнили данные молекулярной филогении основных ферментов энергетического метаболизма и реконструировали геохимическую обстановку докембрия. Водород был наиболее доступным элементом на древней Земле. В различных молекулярно-биологических филогенетических деревьях водородозависимые прокариоты либо группируются в корневых частях филогенетических деревьев, либо образуют на них рано отходящие

ветки. Суммируя эти факты, авторы приходят к выводу о том, что первичный метаболизм должен был базироваться на механизмах протонного и электронного транспорта. Сопряженные реакции такого типа должны были существовать еще до формирования живой клетки и именно они послужили «энергетическим скелетом» формирующейся протоклетки.

В дальнейшем изменение геохимических условий задавало два тренда эволюции таких протоклеток: 1) освоение ионов различных металлов как кофакторов ферментов (что находит отражение в эволюции активных центров ферментов) и 2) переход от использования водорода к использованию его соединений (что автоматически означало освоение новых биотопов и формирование новых экосистем). Освоение метана, сероводорода и, наконец, воды (что и привело к появлению кислородного фотосинтеза) позволило «подключить» биохимию клеток к глобальным геохимическим циклам. Клетки (экосистемы?), сумевшие сделать это, смогли выйти «из-под опеки» гидротерм, представлявших первичный биотоп, и сформировать глобальную биосферу свободноживущих организмов.

Ряд докладов был посвящен закономерностям эволюции экосистем неопротерозоя, в том числе и непосредственно предшествовавших кембрийскому взрыву. На конференции ВОЕ'2005 эта тематика не рассматривалась. Однако за два прошедших года российскими учеными, работающими по программе № 25 президиума РАН, были получены новые результаты. Выполненное отечественными и зарубежными учеными комплексное обобщение палеонтологических результатов в сочетании с анализом филогенетических процессов в современных экосистемах и молекулярно-филогенетическими реконструкциями позволило более выпукло представить проблемы эволюции метаболизма, появления многоклеточности и сложных морфологических структур.

Так, в пленарном докладе А.Ю. Розанова «Environments at the early Earth» был дан критический обзор последних данных по геологии и палеонтологии докембрия. По мнению докладчика, датировки возникновения основных макротаксонов должны быть удревнены, а представления об экстремальных условиях в докембрии как минимум пересмотрены: усло-

<sup>6</sup> Или все-таки озера? – о факторе глубины в докладе не говорилось.



вия, близкие к фанерозойским, должны были сформироваться значительно раньше.

Представленные данные свидетельствуют о том, что если не сами современные таксоны, то характерные морфологические инновации (поровые комплексы типа эукариотических, многоклеточность уровня Metazoa и Metaphyta, мышечная система уровня круглых и кольчатых червей, не говоря уже об уровне кишечнорастворимых) возникают уже в глубоком докембрии (порядка 2–1 млрд лет назад)<sup>7</sup>. В таком случае морфологический расцвет вендской и кембрийской фауны должен быть подготовлен длительной эволюцией высокоорганизованных эукариот. Но возникает другая проблема – внезапное по геологическим меркам возникновение таких эукариот на древней Земле.

Тему эволюции энергетического метаболизма продолжали устные сообщения, посвященные так называемому «кислородному парадоксу»: данные молекулярной филогении свидетельствуют о том, что основные ферменты окислительного метаболизма сформировались еще до закисления атмосферы.

Возможные решения этого парадокса представлены рядом авторов: А.Ю. Розанов – пересмотр датировки закисления атмосферы; Г.А. Заварзин – наличие локальных окисленных «карманов» в глобальной бескислородной биосфере; A.L. Ducluzeau и соавт. – предположение о том, что роль кислорода могли выполнять другие субстраты, например – NO («Was nitric oxide the vanguard molecule for dioxygen in biological energy conversion?»).

В свете рассмотренных выше вопросов большой интерес вызвало также сообщение S. Grimaldo (C. Brochier и соавт. «Origin and evolution of bacterial aerobic respiration: implications for early earth atmosphere»), которая представила результаты молекулярно-филогенетического анализа оксидативных генов прокариот, заставляющие пересмотреть наши представления о приобретении прокариотами способности к жизни в кислородной атмосфере.

<sup>7</sup> Косвенно о формировании примерно в это же время современного типа рециклирования органического углерода в масштабе биосферы говорят и данные изотопного анализа окаменевших докембрийских нефтей месторождения Шуньга в Северной Карелии, полученные П.В. Медведевым, М.А. Мележицом и М.М. Филипповым (Palaeoproterozoic petrified oil field (Shunga event)).

Помимо уже упоминавшихся содовых озер, были предложены и рассмотрены другие аналогии архейско-протерозойских экосистем:

1) О.П. Дагурова и соавт. – экосистемы гидротерм пресных вод (Байкал) («Biogeochemical cycle of methane in extreme water systems»);

2) Д.Д. Бархутова – экосистемы гидротерм соленых вод (Тихий океан) («The structure and functioning of thermal springs microbial communities in rift zone»);

3) В.Ф. Гальченко и соавт. – экосистемы полярных озер Шпицбергена и Антарктиды («Extreme microbial communities as an extraterrestrial life model»);

4) N. McLoughlin и соавт. – бактериальные экосистемы трещин подушечных лав и вулканического стекла (пленарная лекция «Volcanic glass a habitat for the origins and evolution of microbial life»).

В первых двух случаях бактериальные экосистемы продемонстрировали довольно высокое биоразнообразие. Что касается последнего случая, потенциал биоразнообразия прокариотических экосистем еще предстоит установить.

Пленарный доклад «Evolutionary insights from studies on viruses of hyperthermophilic Archaea» (R.A. Prangishvili и соавт.) была посвящена изучению биоразнообразия такого важного компонента биосферы, как виросфера. Пионерские исследования вирусов гипертермофильных архей выявили значительное разнообразие их морфотипов, прямые аналоги которых у бактериофагов и вирусов эукариот отсутствуют. Авторы делают предварительное заключение о возможности независимого формирования и эволюции виросферы архей.

Наконец, ряд докладов и сообщений был посвящен ископаемым находкам многоклеточной макрофауны неопротерозоя и закономерностям строения и эволюции ее представителей. В сообщении Д.В. Гражданкина «Late proterozoic evolution of macrobenthos» был приведен критический обзор данных по наиболее древним макробиотам докембрия: Хатиспитской, Авалонской, Эдиакарской и Намской.

Положение ископаемых находок позволяет говорить о захоронении *in situ*. Таким образом, на основе взаимного расположения отдельных организмов можно реконструировать экосистемные группировки. Беломорская биота позд-

него венда Восточно-Европейской платформы является единственной палеонтологически обоснованной совокупностью макроскопических организмов протерозойского возраста, палеогеографический ареал расселения которой не приурочен к изолированным обнажениям, а прослежен на достаточно протяженной территории ~ 2000 км от Юго-Восточного Беломорья до Южного Урала. Следовательно, очаговый характер докембрийских экосистем донных организмов не обусловлен какими-то частными моментами, а является характерной и важной чертой экосистем докембрия. Компактные скопления организмов различной морфологии разделены территориями, бедными ископаемыми.

В то же время уникальная морфология представителей докембрийской макрофауны требует крайней осторожности при реконструкции их образа жизни и таксономического статуса. Хорошо оформленные останки несомненно обладающих подвижностью представителей проартикулятов и вендобионтов позволяют отнести их к Metazoa довольно высокого уровня организации (сравнимой как минимум с современными плоскими червями и, может быть, в отдельных аспектах – с членистоногими и иглокожими). В случае проблематичных представителей удоканской биоты это невозможно. Критический обзор попыток реконструкции *Udokania* был представлен в сообщении А.А. Терлеева и коллег «Biogeological problems in recognition of multicellular organisms in lower Proterozoic». Особенности организации позволяют с одинаковым успехом интерпретировать *Udokania* то как многоклеточных животных, то как грибы, а то и как следы жизнедеятельности неизвестных колоний протистов или колониальных прокариот на поверхности строматолитов.

Сложная и во многом противоречивая морфология неопротерозойских многоклеточных говорит об их уникальном систематическом положении. Если зоны фанерозоя удастся хорошо соотнести с формированием таксономических групп различного уровня иерархии (в ходе кембрийского взрыва сформировались типы, в ходе ордовикской революции – основные классы и т. д.), то, экстраполируя на докембрий, остается предположить, что неопротерозойские организмы должны относиться к «надтипам», аналогов

которым нет в современной систематике. К такому выводу пришел С.В. Рожнов в своем сообщении «Morphogenesis and adaptations: changes in consumers composition of marine communities in the early Paleozoic».

В направлении 5 «Биогеоароморфозы и коэволюция абиотических и биотических событий» было представлено 7 докладов, 13 стендовых докладов. В сообщениях Д.В. Шварцмана (D.W. Schwartzman) «Biospheric self-organization and И.С. Барскова Paleobiodiversity and paleoclimatology» было показано, что колебания кривой биоразнообразия предопределяются климатом, который в свою очередь зависит от сочетания ряда космических и геодинамических факторов.

О.Н. Зезина представила крайне интересные данные о реликтах фауны океана Тетис в современных океанах и объяснила их распределение изменением циркуляции гидросферы Земли («Relics of the Tethys Sea fauna in the recent oceans»).

Крайне интересный материал по эволюции радиолярий представила В.С. Вишневская («Evolutionary model of radiolaria in a normal or regressive phases and some genetic modifications»). В отличие от прочих палеонтологических находок в случае радиолярий мы имеем ископаемые выборки, состоящие потенциально из многих миллиардов fossilized организмов хорошей сохранности, с коротким жизненным циклом и захоранивавшихся в донных осадках водоемов последовательно. Применение методов популяционной генетики при анализе таких выборок представляется перспективным и плодотворным для контактов между генетиками и палеонтологами.

В рамках направления 6 «Экосистемно-биоценотическая организация и эволюция» (1 пленарный доклад, 6 устных сообщений, 14 стендовых докладов) привлекал внимание уникальный материал по сравнительно-фаунистическому анализу событий пермо-триасового кризиса. Одной из причин этого самого грандиозного из известных вымираний является интерференция таких событий геодинамики, как дрейф континентов (образование и раскол суперматерика Пангеи) и усиление плюмового вулканизма (массовые излияния базальтов, образовавших траппы Тунгусского бассейна).

В сообщениях Т.Б. Леоновой «Ammonoid evolution in marine ecosystems before P/T crisis», А.Г. Сенникова и В.К. Голубева «Permo-triassic transition in Russia, South Africa and China» на фоне этих событий прослежены изменения как в морской, так и континентальной биоте. Интересно, что в последнем случае проведено сравнение динамики изменения видового состава фаун, по-разному удаленных во времени и в пространстве от областей массового вулканизма (характеризуемого по мощности траппов). Выявлен поразительный параллелизм в характере структурных изменений в фаунах Восточной Европы, Южной Африки (наиболее удаленной от центров вулканизма) и Китая. Свойственные для триаса группы появились уже в конце перми. Границу перми и триаса преодолело значительное количество таксонов, не представленных в геологической летописи в период кризиса, но вновь в изобилии появляющихся в ней позднее (таксоны-«призраки»). В то же время в геологической летописи фиксируются группы, приспособленные к жизни во время кризиса (таксоны катастроф).

Во всех изученных фаунах происходили вымирание доминирующих хищников – зверозубых горгонопсов и травоядных – парейазавров, характерных для перми, и их замещение хищниками-архозаврами, характерными для мезозоя, и травоядными дицинодонтами – листрозаврами, вымершими в конце триаса. Однако в Восточной Европе ранние текодонты сменили горгонопсов уже в конце перми, а в Южной Африке и Китае – только в начале триаса. Разброс временных параметров пермо-триасового кризиса в разных фаунах на фоне общего структурного параллелизма позволяет сделать вывод: хотя причина биоценологического кризиса во всех исследованных случаях общая (факторы геодинамики – вулканизм, дрейф континентов), сам кризис развивается по присущим ему внутренним законам, коренящимся в трофической структуре биогеоценоза.

В интересном сообщении Ю.В. Гамалей и соавт. «Ecological evolution of the phloem of dicotyledonous plants» рассмотрели эволюцию проводящих тканей растений в связи с формированием господствующих ландшафтов. В частности, последняя (неогеновая) вспышка эволюции флоэмы связана с формированием степных ландшафтов.

Особенно ярко необходимость междисциплинарного подхода в изучении эволюции была продемонстрирована в рамках направления «Генетические механизмы биологической эволюции и корреляция био-геологических событий» (1 пленарный доклад, 8 устных сообщений, 14 стендовых докладов). В докладе Н.А. Колчанова и соавт. «Adaptive evolution of genetic systems» был подведен итог проводившимся в течение двух лет в лаборатории теоретической генетики ИЦиГ СО РАН исследованиям адаптивной эволюции генных сетей эмбриогенеза. Адаптивная эволюция транскрипционных факторов, морфогенов и их рецепторов, связанных с онтогенезом, коррелирует на филогенетическом дереве с крупными ароморфозами (появление крупных таксонов билатерий, выход позвоночных на сушу и т. д.), но затрагивает лишь те таксоны, эмбриогенез которых характеризуется сложной и гибкой системой эмбриональных индукций. Действительно, адаптивная эволюция, как правило, затрагивает домены белка, либо связанные с установлением скорости и дальности ответа на морфоген (или иной сигнал), либо определяющие специфичность действия сигнала в разных типах клеток, тканей и органов, или же, наконец, на домены, отвечающие за интеграцию различных генных сетей в онтогенезе. Таксоны, в эмбриогенезе которых такая система не была сформирована (губки, членистоногие, возможно, бескишечные турбеллярии), оказались не затронуты адаптивной эволюцией. Таксоны, у которых такая система была редуцирована (нематоды), демонстрируют адаптивную эволюцию, но без связи с морфологическими новациями. Приуроченность основных событий адаптивной эволюции генов морфогенеза к моментам диверсификации основных типов вызвала живой интерес палеонтологов. Такая картина хорошо согласуется с фаунистической динамикой венд-кембрийского, кембрий-ордовикского и пермотриасового кризисов: сначала наблюдается период взрывного появления эфемерных групп с высоким разнообразием и всеветным распространением. Затем быстрая адаптивная эволюция сменяется становлением долговечных линий со стабильной морфологией и локальными ареалами существования.

Роли рекомбинации и гибридизации в эволюции был посвящен доклад П.М. Бородина

«Genetic recombination in the light of evolution», в котором была развернута эпическая картина возникновения эукариотического кроссинговера путем рекрутирования различных элементов репарационных систем прокариот. Формирование систем приблизительного и точного взаимного опознавания гомологичных хромосом явилось ключевым моментом эволюции эукариот, поскольку позволило превратить рекомбинацию из случайного факультативного процесса в точный, облигатно связанный с размножением. Примечательно, что все белки, связанные с тонким механизмом опознавания хромосом, принадлежат к тем семействам, которые у прокариот и в соматических клетках эукариот участвуют в репарации мутационных повреждений ДНК. Автор рассмотрел эволюционный и экологический смысл эмпирических правил кроссинговера (распределение сайтов рекомбинации по геному, правило обязательного обмена, правило теломерного пика, правило светлого района), а также эволюционный смысл и возможные механизмы изменения частоты кроссинговера в филогенезе и онтогенезе. Повидимому, в филогенезе естественный отбор способствует фиксации инверсий, переносащих на края хромосом (т. е. в рекомбинационно горячие зоны) именно те блоки генов, которые нужно часто перетасовывать, и наоборот в холодные зоны попадают те блоки генов, в которых рекомбинация приводит к образованию нежизнеспособных гамет и организмов. Если в филогенезе происходит рост размеров и продолжительности жизни представителей таксона, то будут фиксироваться мутации, повышающие частоту кроссинговера, – с ростом времени смены поколений растет вероятность, что потомки будут жить в несколько ином мире, чем их родители. Наконец, существуют механизмы, позволяющие особям кратковременно оперативно менять частоту кроссинговера при стрессе (наиболее вероятно, что вследствие стресса изменяется частота образования двунилевых разрывов и сила интерференции, т. е. доля разрывов, репарируемых по кроссоверному и некроссоверному пути).

В сообщении Д.В. Политова сформулировано совершенно новое представление о гибридогенном трансгрессивном видообразовании, не требующем образования полиплоидов, – обмен

генами осуществляется у гибридов первого поколения за счет рекомбинации («Patterns of reticulate of the boreal zone»). Отметим своеобразную «зеркальную» взаимодополнительность фактов, сообщенных в докладах П.М. Бородина и Д.В. Политова. В первом случае обмен генов между далеко разошедшимися в эволюции расами одного и того же вида оказался затруднен из-за того, что кроссинговер между отдельными гомологичными участками хромосом оказался заблокированным. Во втором случае наоборот обмен генами между родственными видами оказался возможен из-за того, что отдельные участки хромосом сохранили способность вступать в кроссинговер.

В докладе Н.И. Абрамсон и А.Ю. Костюгова «Application of molecular markers in the studies of phylogeny and phylogeography: advances, pitfalls, and perspectives of development» представлен очень важный и крайне полезный обзор работ по молекулярной филогенетике и филогеографии, показаны сильные и слабые стороны этих подходов и обозначены направления будущих исследований. Авторы подчеркнули, что при проведении филогенетической реконструкции микроэволюционных событий необходимо обязательно проверять адекватность выбранного молекулярного маркера таксономическому рангу исследуемой группы. Маркеры, хорошо работающие на уровне семейств и отрядов, могут быть совершенно непригодны для изучения видов и субвидовых таксонов. Необходимо также изучить полиморфизм выбранного локуса и собрать все доступные данные по образу жизни и экологическим предпочтениям изучаемых таксонов. И только в том случае, если вся совокупность данных не находит объяснения в рамках существующей систематики, следует предлагать новую классификацию таксонов.

Оригинальной особенностью подпрограммы II программы № 25 является включение в общий контекст эволюции биосферы вопросов происхождения человека и его взаимодействия с окружающей средой. В рамках направления 8 «Механизмы антропогенеза и расселение человека» были представлены 1 пленарный доклад, 7 устных сообщений и 6 стендовых докладов. Следует отметить, что тезис о возможности гибридогенного трансгрессивного видообразования неожиданно нашел свою параллель в проблемах

антропогенеза. На основе изучения ископаемого материала и артефактов из пещеры Оби-Рахмат и ревизии ранее изученного ископаемого материала сформулировано представление о гибридогенном происхождении неандертальцев и кроманьонцев (S.V. Vasiliev «Problem of cross-breeding at late stages of human evolution», T.B. Viola, H. Seidler «Middle palaeolithic human remains from Central Asia and Siberia – neanderthals or modern humans?»). Согласно С.В. Васильеву, гибридизация (или метисация) шла между различными морфотипами гейдельбергского человека. Возможно, гибридизация имела значительное распространение в роде *Homo* и его предков, поскольку на путь гоминизации параллельно вступали разные ветви гоминид. Молекулярно-генетические данные в настоящее время не могут ни подтвердить, ни опровергнуть эту гипотезу (в основном из-за фрагментарности ископаемого генетического материала неандертальца).

А.П. Деревянко и А.И. Кривошапкин («Modern human origin and appearance behavior: look from Central Asia») предприняли очень интересную попытку реконструировать образ жизни и поведения древнейшего населения Азии на основе анализа остатков материальной культуры. Сложный комплекс «поведения современного человека» (включающий появление совершенной охотничьей тактики с закономерным изменением объектов охоты по сезонам, развитие сложных отношений внутри и между человеческими коллективами, освоение суровых ландшафтов и пр.) сформировался неодномоментно, что противоречит точке зрения о спонтанном появлении современного человека в результате быстрой эволюции отдельных генов, регулирующих развитие мозга, распространенной на Западе.

Следует отметить также замечательное по форме и содержанию междисциплинарное сообщение А.К. Агаджаняна «Reconstruction of paleoenvironment and conditions of the habitability of the ancient man by the example of northwestern Altai». Соотнеся результаты археологических раскопок в Денисовой пещере (Алтай, бассейн р. Черный Ануй) с тщательной палеонтологической реконструкцией окружающих ее экосистем (тундростепь, степь, лес, горный лес) и палеоклиматической реконструкцией (по данным ископаемой фауны летучих мышей и грызунов, выпадающих в зимнюю спячку), автор сумел

убедительно показать динамику воздействия хозяйственной деятельности первобытного человека на вмещающую экосистему и зависимость этой динамики от изменений климата.

Очень интересное сообщение о сравнении профилей ДНК современного и древнего населения Сибири представил А.С. Пилипенко с соавт. («Similarity of mitochondrial DNA patterns in ancient and modern indigenous West Siberian populations»).

В заключение следует подчеркнуть, что ВОЕ'2007 – единственная из известных нам конференций, проводившихся мировым научным сообществом, на которой был рассмотрен столь широкий круг вопросов происхождения и эволюции биосферы: от проблем астробиологии (синтез пребиологической органики, поиск жизни на других космических телах и др.) через возникновение молекулярно-генетических и клеточных систем до эволюции экосистем и биоты в целом (с акцентами на коэволюцию биосферы и геосферы) и заканчивая антропогенезом и расселением человека. Все эти направления, в представлении результатов которых на конференции очень большой вклад внесли российские ученые, характеризовались междисциплинарностью подходов и широким охватом материала.

Конференция ВОЕ'2007, по мнению участников, оказалась удачной. Следует отметить значительно более высокую эффективность междисциплинарных исследований российских участников в сравнении с зарубежными докладчиками, что может оцениваться как положительный эффект от 4-летнего функционирования программы «Происхождение и эволюция биосферы». Ученые, работающие в рамках программы № 25 президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы», составляли не более половины всех участников конференции ВОЕ'2007. Тем не менее сетка из 8 направлений, соответствующих крупным разделам этой программы, позволила всем участникам, даже работающим в очень удаленных областях, найти своих заинтересованных слушателей. Такое взаимопонимание свидетельствует о правильности концепции междисциплинарных исследований, проводимых в рамках программы «Происхождение и эволюция биосферы».

Конференция показала обоснованность концентрации усилий участников программы

№ 25 президиума РАН вокруг ее заявленных целей, а также возможность и целесообразность более тесной координации между собой двух подпрограмм.

Конференция еще раз подтвердила эффективность исследования проблем происхождения и эволюции биосферы на основе междисциплинарного подхода с позиций геологии, палеонтологии, экологии, генетики, молекулярной биологии, катализа, физики, химии и др. Реальный эволюционный процесс невозможно свести к эволюции ни на одном из иерархических уровней организации живых систем и биосферы в целом (молекулярно-биологическом, кариотипическом, организменном, популяционном, биогеоценотическом). Именно это обуславливает необходимость ее изучения в рамках междисциплинарных подходов. При этом в методологическом плане существенно рассматривать возможно более широкий спектр альтернативных объяснений, добиваясь системного взгляда на проблему, столь характерного для великих натуралистов прошлого: Ч. Дарвина, А. Гумбольдта, В. Вернадского и многих других, трудами которых и сформулировано само понятие «биосфера».

В пост-туре, включавшем посещение знаменитого древнего общезлинского культового центра Дельф с его храмами, театром и стадионом, а также действующего монастырского комплекса Метеор, приняло участие большинство участников, что обеспечило возможность дальнейших двухдневных дискуссий и обсуждений междисциплинарных проблем. Вся заявленная программа работы выполнена без исключений.

Проведение этой конференции показало, что при поддержке посольств России и Российских домов культуры и науки российские ученые могут организовывать подобные мероприятия за рубежом на высшем мировом уровне, вовлекая в сотрудничество самые широкие круги мирового сообщества.

Участники конференции и посол Российской Федерации в Греции А.В. Вдовин обратили также внимание на следующие обстоятельства:

1. Исследование происхождения и эволюции биосферы может включаться в межправительственные соглашения как консолидирующая проблема, которая представляет долговременный общественный и научный интерес для нескольких стран. Важно отметить, что, хотя развитие самого сотрудничества между Россией и другими странами в этой области не связано с высокими затратами, непосредственно в самих странах-участниках проведение работ потребует использования наивысших технологических и научных достижений в самых разных областях. К таким областям можно отнести ракетно-космическую для изучения Солнечной системы и экзопланетных систем, высокопроизводительные вычислительные системы, биотехнологии, химические технологии, IT-технологии, средства и методы наук о Земле и т. д. Такое сотрудничество должно включать гуманитарные и философские стороны проблемы и широкие образовательные программы, в том числе как средство и предмет общения с широкими слоями общественности.

2. Российское научное сообщество и Российская академия наук в лице своих институтов могут выполнять экспертное сопровождение самых сложных междисциплинарных программ международного характера.

3. Развитие этого направления позволит внести вклад в экспертные оценки по долгосрочным политическим решениям, связанным с такими проблемами, как последствия глобальных климатических изменений, участие в различных экологических программах, участие в таких соглашениях, как Киотский протокол.

4. Поддержка развития этого направления в Российской Федерации может быть осуществлена через межправительственные программы, в частности Греции и России. При этом с российской стороны целесообразно вовлечение в это сотрудничество Министерства образования и науки, Российской академии наук, Российских фондов фундаментальных и гуманитарных исследований.

**В.В. Суслов**, ИЦиГ СО РАН  
**В.Н. Снытников**, ученый секретарь конференции ВОЕ'2008,  
Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН