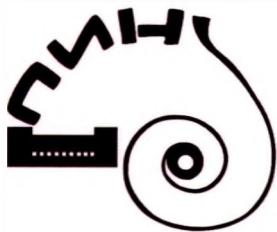


ББК  
28.0  
А 913

# АСТРОБИОЛОГИЯ



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

# АСТРОБИОЛОГИЯ

Под редакцией А. Ю. Розанова, Е. А. Сапрыкина

Дубна 2024

Авторы: чл.-корр. РАН А. О. Алексеев, д. г.-м. н. Т. В. Алексеева,  
А. Н. Афанасьева, почетный проф. РАН Р. Б. Гувер, М. И. Капралов,  
к. б. н. Е. М. Ривкина, А. К. Рюмин, к. б. н. О. С. Самылина,  
к. х. н. М. Б. Симаков, к. ф.-м. н. В. Н. Снытников,  
к. ф.-м. н. М. В. Фронтасьева, к. ф.-м. н. В. А. Цельмович,  
Е. А. Сапрыкин, акад. РАН А. Ю. Розанов

Рецензент — чл.-корр. РАН *Е. А. Красавин*

**Астробиология** / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, А. Н. Афанасьева и др.;  
A91 Под ред. А. Ю. Розанова, Е. А. Сапрыкина. — Дубна: ОИЯИ, 2024. — 199 с.  
(89 ил., 9 текст-табл.).

ISBN 978-5-9530-0633-0

554194

ISBN 978-5-9530-0633-0

**БИБЛИОТЕКА** Объединенный институт  
ФГАОУ ВО ядерных исследований, 2024  
Сибирский федеральный  
университет

## Оглавление

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	6
<b>ГЛАВА I. История астробиологии. Теории происхождения жизни.</b>	
<b>Пребиотическая химическая эволюция</b>	7
1.1. Становление астробиологии как научной дисциплины	7
1.2. Развитие взглядов на вопрос происхождения жизни	10
1.3. Мир РНК	14
1.4. Абиогенный синтез пребиотических соединений	17
1.5. Гипотеза астрокатализа	25
1.6. Проблема хиральности	27
1.7. Доклеточные формы компартментализации	32
1.8. Автомобилитика биофильных элементов. Протогеном	34
<b>ГЛАВА II. Земля как объект астробиологии</b>	39
2.1. Модели первичных ситуаций на ранней Земле	39
2.2. Бактериальная палеонтология и биосферные события на ранней Земле	42
2.3. Экосистемы экстремальных сред	55
2.4. Экосистемы вечной мерзлоты – модель для астробиологии	60
2.5. Ископаемые почвы геологического прошлого Земли как аналоги солоидов внеземных объектов	76
2.6. Содовые озера как реликтовые биотопы	80
2.7. Выживаемость в условиях космоса	85
<b>ГЛАВА III. Астробиологические исследования внеземного материала</b>	90
3.1. Основы метеоритики	90
3.2. Органические соединения в углистых хондритах	100
3.3. Морфология прокариот	105
3.4. Бактериальная палеонтология и исследования метеоритов	110
3.5. Космическая пыль и ее роль в астробиологии	124
<b>ГЛАВА IV. Механизмы панспермии. Поиск обитаемых зон Вселенной</b>	140
4.1. Исследования планетарной компоненты Солнечной системы	140
4.2. Гипотеза кометной панспермии	160
4.3. Методы, цели и перспективы поиска экзопланет	166
4.4. Поиск внеземных цивилизаций	170
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>	176
<b>Литература</b>	178

## *ПРЕДИСЛОВИЕ*

Предлагаемый читателю труд является первой попыткой в нашей стране обобщения материала по астробиологии. К его созданию были привлечены, как вы видите по перечню авторов, огромные силы специалистов, имеющих отношение к астробиологии, хотя понимание, что такое астробиология, так и не сформировалось окончательно в нашем коллективе. Авторы вложили в этот труд информацию, как казалось, по вопросам, имеющим **ОТНОШЕНИЕ** к астробиологии, хотя некоторые разделы связаны больше с астрономией, палеонтологией и рядом других дисциплин. Очень важные экспериментальные данные, многие из которых сегодня уже существуют, почти не вошли в содержание этого труда. Также минимально освещаются вопросы формирования и существования разных гипотез, поскольку мы считали, что это, скорее, предмет истории науки. Некоторые вопросы излагаются под влиянием пристрастия авторов к тем или иным концепциям. Но это неизбежно при становлении еще совсем молодой науки астробиологии. Самое главное, что мы, авторы этого труда, хотели показать, что астробиология очень ценна для формирования общего мировоззрения, поскольку самый основной вывод астробиологических исследований за последние 20–30 лет неизбежен: жизнь произошла не на Земле. При этом, конечно, надо вспомнить, что проводимые эксперименты с выживаемостью организмов в космосе тоже, фактически, подтверждают этот вывод. Этот сложный труд был бы невозможен без помощи многих наших знакомых и коллег, таких как М.М. Астафьева, Н.Г. Бочкарев, Л.М. Гиндилис, Е.А. Жегалло, проф. Р. Саладино, М.В. Рагульская, акад. Н.С. Кардашев, А.П. Бояркина, А.Б. Котов, Н.В. Грубова, Н.С. Корчагин и др., которым мы выражаем свою глубокую признательность. Мы заранее благодарны и тем, кто, просмотрев эту книгу, откликнется советами или критическими замечаниями.

На страницах монографии изложена история развития взглядов на вопрос происхождения жизни, этапы становления астробиологии как науки, описаны фактология и модели, на которых эти взгляды основаны, и очерчен круг нерешенных вопросов и перспективных направлений астробиологии.

## ГЛАВА I

### **История астробиологии. Теории происхождения жизни. Пребиотическая химическая эволюция**

#### **1.1. Становление астробиологии как научной дисциплины**

Астробиология – междисциплинарная наука, изучающая происхождение, эволюцию и распространность жизни во Вселенной. В ней используются методы из разных областей знаний: физики, химии, астрономии, астрохимии, биологии, геологии, геохимии и палеонтологии. Предметом изучения являются процессы, связанные с жизнью: механизмы и условия ее появления, возможные пути распространения и т.п. Основными задачами астробиологии являются моделирование предполагаемых условий для появления жизни, исследование пребиотической эволюции органического вещества, поиск жизни на планетах и спутниках Солнечной системы и за ее пределами, изучение следов жизни в метеоритном материале, определение способов распространения жизни в космическом пространстве.

По-видимому, впервые термин был использован А.Дж. Штернфельдом (Sternfeld, 1935) в статье по вопросам существования внеземных цивилизаций, опубликованной в 1935 г. В 1941 г. философ Л. Лафлер в своем эссе под названием «Астробиология» описал термин в более узком смысле – как рассмотрение жизни где-либо за исключением Земли (Lafleur, 1941). В 1953 г. советский академик Г.А. Тихов написал книгу «Астробиология», где он описал исследование поверхности Марса при помощи телескопа, и выдвинул гипотезу о возможной его обитаемости, предположив, что цвет Марса частично зависит от цвета растительности, отражающей солнечные лучи (Тихов, 1953). О. Струве также использовал этот термин в 1955 г. для обозначения поисков внеземной жизни. В 1974 г. немецкий астроном Й. Херрман опубликовал книгу «Астробиология. Космос», в которой излагались популярные идеи о внеземной жизни.

С 60-х гг. XX в. начались первые микропалеонтологические исследования метеоритов как непосредственных источников внеземного материала. В 1961 г. была опубликована работа Б. Надя, Д. Хеннесси и У. Маншайна, в которой было заявлено об обнаружении в углистых хондритах Оргей (Orgueil) и Ивuna (Ivuna) углеводородных соединений биогенного происхождения (Nagy et al., 1961). В другой работе Дж. Клаус и Надь публикуют информацию об обнаружении в метеорите Оргей относительно большого количества так называемых «организованных элементов» – микроскопических частиц, напоминающих фоссилизированные водоросли (Claus, Nagy, 1961). Результаты их работ подверглись нападкам со стороны некоторых ученых (Fitch et al., 1962; Anders, Fitch, 1962), утверждавших, что «организованными элементами» могут быть минералы, артефакты покрытия, пыльца амброзии, либо другие контаминанты (земное засорение). Такая реакция захлестнула не только США, но и Россию, где особенно негативная критика исходила от оппонентов, как правило, не имеющих отношения ни к микробиологии, ни к микропалеонтологии. Тем не менее, интерес к астробиологии стремительно рос. В 1962 г. в метеорите Оргей Ф. Стэплин обнаружил микрофоссилии, дал им краткое описание и разделил на несколько типов (Staplin, 1962). П. Палик (Palik, 1962) обнаружила в Оргее нитчатые структуры, морфологически сходные с цианобактериями, и сделала вывод об их вероятной индигенности (т.е. они были в составе исследуемого материала изначально). В 1963 г. Б.В. Тимофеев опубликовал работу по находкам органостенных микрофоссилий в метеорите Мигеи (Mighei), что было первой работой, в которой были описаны эукариотические формы в метеоритном материале (Timofejew, 1963). В 1967 г. Тан и Ван Лэндингем обнаружили в метеорите Оргей структуры, позднее интерпретированные как остатки магнитотактических бактерий, что теоретически может указывать на наличие атмосферы на родительском теле метеорита (Tan, Van Landingham, 1967). М. Россиньоль-Стрик и Э. Баргхурн выделили из метеорита Оргей разнообразные по морфологии структуры (полые сферы, мембранны и т.д.) и высказали предположение об их индигенности (Rossignol-Strick, Barghoorn, 1971).

В середине 1990-х гг. начался новый этап микропалеонтологических исследований метеоритов, характеризующийся активным внедрением сканирующей электронной микроскопии. В 1996 г. Дэвид С. Маккей с коллегами сообщили о наличии реликтов биогенной активности (полициклические ароматические углеводороды и, вероятно, биогенный магнетит и нанофоссилии) в марсианском метеорите Алан Хиллс 84001 (ALH84001) (McKay et al., 1996). Параллельно с этим Ричард Б. Хувер, С.И. Жмур, В.М. Горленко и акад. А.Ю. Розанов сообщили об обнаружении микрофоссилий в углистом хондриите Мурчисон (Murchison) (Hoover, 1997; Жмур и др., 1997).

К концу 1990-х гг. было установлено, что некоторые земные микроорганизмы (экстремофилы) обитают при экстремальных внешних условиях (температура, давление, pH среды). Так что существование внеземных микроорганизмов в крайне враждебной среде стало казаться вполне правдоподобным.

---

В 1995 г. М. Майором и Д. Келозом была открыта первая экзопланета у звезды класса 51 Пегаса. С тех пор число обнаруженных экзопланет только возрастало, и многие из них имеют условия, приближенные к земным.

В 1996 г. с помощью зонда «Галилео» (NASA) были получены фотографии покрытого льдом спутника Юпитера – Европы. На изображениях поверхности были видны относительно недавние тектонические процессы, что может означать наличие океана под ледяной коркой.

Возвращаясь к вопросу становления астробиологии как дисциплины, в 1998 г. в США (Исследовательский центр Эймса, NASA) была создана программа по астробиологии, пришедшая на смену существовавшей ранее подобной программе под названием «Экзобиология». В 1999 г. был учрежден Научный совет по астробиологии при Российской академии наук. О дальнейшем росте интереса к новой дисциплине свидетельствуют организация и проведение в разных странах многочисленных симпозиумов, совещаний и школ, публикация значительного количества тезисов конференций, книг и статей по вопросам астробиологии и учреждение специальной секции «Инструменты, методы и задачи астробиологии» Общества оптики и фотоники SPIE.

В настоящее время в Европе функционируют Европейская астробиологическая ассоциация – EANA (2001) и Европейский астробиологический институт – EAI (2019), спонсируемые Европейским космическим агентством – ESA и различными университетами. Существует также Национальное астробиологическое общество.

В США NASA спонсирует и Астробиологический институт NASA – NAI (1998), и различные университетские группы. Также дополнительную роль играет Астробиологическое общество Америки – ASA.

В России проводятся астробиологические исследования, семинары и конференции на базе нескольких институтов: Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ, г. Дубна), Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (ИФХиБПП РАН, г. Пущино), Института космических исследований РАН (ИКИ РАН, Москва), Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН (ИНМИ РАН, Москва), Палеонтологического института им. А.А. Борисяка РАН (ПИН РАН, Москва), Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН, Москва), Института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (ИК СО РАН, Новосибирск).

Отдельно стоит отметить, что значительная часть астробиологических исследований и построений основывается на моделировании. Это вполне объяснимо техническими сложностями в получении данных по внеземным объектам, вынуждающим опираться, прежде всего, на различные гипотетические предпосылки. Однако стоит помнить, что Земля также является равноправным объектом космоса, объем наших знаний о котором несомненно превосходит все остальные. Как следствие, палеонтологические и геологические данные по земному материалу позволяют опираться в том числе и на фактологию при построении моделей.