

Название курса: Астробиология и планетарные катастрофы (для студентов 5 и 6 курсов)

Карнаухов Алексей Валерьевич

Краткая аннотация курса:

В рамках настоящего курса предполагается познакомить студентов с широким кругом вопросов связанных с феноменом жизни во Вселенной (зарождение, развитие и возможная гибель во время планетарных катастроф). Определенное внимание уделяется проблеме сохранения жизни на нашей планете в условиях современного антропогенного влияния на окружающую среду. Примеры Венеры и Марса - планет, переживших планетарные катастрофы, которые сделали жизнь (в привычных земных формах) на этих планетах невозможной – как дополнительный аргумент важности проблемы.

На конкретных примерах планируется закрепить навыки теоретического исследования сложных систем, познакомить слушателей с описанием сложных систем в рамках формализма причинно-следственного моделирования и научить основам использования пакета программ аналитических расчетов «Mathematica».

План курса (16 пар):

1. Обзорная лекция по курсу (Парниковая катастрофа и проблема «Великого молчания Вселенной». Краткий обзор истории открытия экзопланет и примеры звездных катастроф)
2. Добиологическая стадия формирования планетарной среды, пригодной для возникновения жизни. Понятие обитаемой зоны (*habitable zone*). Наличие жидкой воды – необходимое условие? Основные факторы, влияющие на формирование теплового баланса поверхности и химического состава атмосферы планет. Ювенальные и межпланетные источники химических элементов в атмосфере.
3. Обзор основных гипотез возникновения жизни (гипотеза Опарина, РНК-мир и др.) и теорий эволюции (Дарвина, синтетическая, симбиотическая и др.). Козволюция жизни и физико-химических параметров атмосферы. Природные катастрофы и эволюция. Роль биосферы в поддержании стабильности климата Земли. Обзор истории изменения климата Земли. Ключевые события палеоклимата Земли. Парниковый эффект – важнейший фактор формирования планетарной среды. Понятие парниковой катастрофы. Биосферные и ноосферные механизмы устойчивости планетарной среды.
4. Краткий обзор истории изучения парникового эффекта. Опыты Тиндела. Двухпотоковое приближение. Общие закономерности строения атмосфер на планетах с твердой поверхностью. Адиабатический градиент. Радиационная сфера. Радиационно-конвективные модели. Современное состояние. Трудности традиционного подхода. Кластерная структура водяных паров – неучтенный фактор традиционного подхода в климатологии. Основные методологические различия в традиционном подходе к изучению климата Земли и к изучению климата Земли как примера планетарного климата. Формулировка радиационно-адиабатической модели парникового эффекта для оптически плотных планетарных атмосфер.
5. Упрощенный вариант радиационно-адиабатической модели. Вывод основных соотношений. Теоретико-групповой подход в изучении сложных систем. Трансляционно-дилатационная симметрия основных уравнений радиационного теплообмена планеты с межпланетной средой. Демонстрация работоспособности

сделанных оценок на примерах парникового эффекта на Венере и палеоклиматических данных, полученных на основе анализа ледяных кернов из Антарктиды.

6. Исследование в рамках радиационно-адиабатической модели дополнительных факторов, влияющих на величину парникового эффекта. Учет неизотермичности тропосферы. Учет структуры тропосферы, состоящей из областей восходящих (циклоны) и нисходящих (антициклоны) атмосферных потоков.
7. Радиационно-адиабатическая модель парникового эффекта в наиболее общем случае оптически плотной атмосферы. Метод неявных функций. Проблема окон прозрачности планетарной атмосферы в инфракрасной области.
8. Оценка парникового эффекта в оптически плотной атмосфере с учетом окон прозрачности. Метод перевала. Интеграл Либига. Роль паров воды в создании сильной положительной обратной связи в климатической системе планет. Возможность парниковой катастрофы, обусловленной данной положительной обратной связью. Современный климат Венеры – следствие неантропогенной парниковой катастрофы, обусловленной парами воды?
9. История климата Марса. Теплое и влажное прошлое под покровом атмосферы, создающей сильный парниковый эффект. Потеря «парниковой атмосферы» из-за недостаточной массы Марса. Гипотезы о возможных формах жизни в современных марсианских условиях. Гипотеза о метастабильных состояниях климата Марса.
10. Понятие стационарных и нестационарных систем. Релаксационная модель, как базовое приближение при описании нестационарной системы. Её основные свойства. Релаксационная модель современных изменений в климатической системе Земли. Понятие тепловой инерции климатической системы.
11. Проблема оценки (идентификации) основных параметров релаксационной модели климатической системы Земли. Необходимость роботизированного мониторинга изменения физико-химических параметров климатической системы Земли. Система МАСТЕР - пример роботизированного комплекса сбора информации (для астрофизических задач). Расчет тепловой инерции Мирового океана - основной компоненты общей тепловой инерции климатической системы Земли. Перенормировка параметров климатической модели при учете положительной обратной связи, обусловленной парами воды. Оценка значений параметров на основе данных, опубликованных в последнем докладе IPCC (2013).
12. Палеоклимат Земли и климат планет – источник информации для идентификации (оценки) параметров климатической системы Земли. Глобальные и региональные оледенения. Меловая и Каменноугольная биосферные катастрофы. Причинно-следственные модели и оценки параметров.
13. Различные варианты сценариев изменения климата Земли в условии сохранения современных темпов роста антропогенных выбросов CO₂ и при осуществлении программ сокращения антропогенных выбросов. Оценки временных параметров достижения терминальной стадии парниковой катастрофы с учетом (и без учета) природных источников поступления парниковых газов в атмосферу.
14. Как остановить глобальное потепление и не допустить парниковую катастрофу? Ноосферные механизмы регулирования климата. Обзор некоторых геоинженерных проектов по стабилизации климата Земли. Проекты извлечения CO₂ из атмосферы. Распыление сульфатных аэрозолей в стратосфере. Перспективы атомной биоэнергетики. Проект «Сахара» или сколько человек может прокормить Земля. Оценки стоимости и эффективности проектов. Идея регулирования количества

- падающей на Землю солнечной радиации – строительство космического «солнечного зонтика» в точке Лагранжа.
15. Оценка стоимости и реализуемости проекта космического солнечного зонтика. Глобальная космическая солнечная энергетика. Терраформинг планет на примере Венеры и Марса.
 16. Заключительная лекция. Загадка Великого молчания Вселенной и перспективы эволюции человека и человеческой цивилизации.

Рекомендуемая литература:

1. Шкловский И.С. Существуют ли внеземные цивилизации? //Земля и Вселенная. 1985, №3.
2. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – Litres, 2018.
3. Липунов В.М. О вероятности контакта с технологической цивилизацией //Астроном. журнал. 1988. Т. 65
4. Липунов В.М. Научно открываемый Бог//Земля и Вселенная. 1995. № 1 7.
5. Липунов В. М. Научно открываемый бог //Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171. – №. 10. – С. 1155-1160.
6. Черепашук А. М., Чернин А. Д. Вселенная, жизнь, черные дыры — Фрязино: «Век 2», 2004. — 320 с.
7. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. – Изд-во Московского ун-та, 2006.
8. Вернадский В. И. Научная мысль как планетное явление. – Рипол Классик, 1991.
9. Монин А. С., Шишков Ю. А. Климат как проблема физики //Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170. – №. 4. – С. 419-445.
10. Мороз В. И., Кораблев О. И., Родин А. В. Новые исследования Марса и сравнительная планетология //Природа. – 2005. – №. 9. – С. 25-33
11. Зелёный Л. М., Захаров А. В., Ксанфомалити Л. В. Исследования Солнечной системы: состояние и перспективы //Успехи физических наук. – 2009. – Т. 179. – №. 10. – С. 1118-1140.
12. Ксанфомалити Л. В. ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ, ЭВОЛЮЦИЮ И СУЩЕСТВОВАНИЕ ЖИЗНИ НА ПЛАНЕТАХ, ПОДОБНЫХ ЗЕМЛЕ //Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. – 2008. – №. 1. – С. 212-224.
13. Бялко А. В. Наша планета //Земля. Библиотечка" Кванта". – 1989. – №. 29.
14. Кендел Р. Углекислый газ в атмосфере / Под ред. Г.С. Голицына. М., Мир, 1987, 532 с.
15. Карнаухова А.В. К вопросу об устойчивости химического состава атмосферы и теплового баланса Земли. Биофизика, т.39, №1, стр. 148-152, 1994.
16. Карнаухова А.В. Динамика оледенений в Северном полушарии как автоколебательный релаксационный процесс. Биофизика, т. 39, №6, стр. 1094-1098, 1994.
17. Карнаухова А.В. Роль биосферы в формировании климата Земли. Парниковая катастрофа. Биофизика, 46, № 6, стр. 1078-1088, 2001
18. Карнаухова А.В., Карнаухова Е.В. Применение нового метода идентификации нелинейных динамических систем для задач биохимии. Биохимия, 68, №.3, стр.309-317, 2003.
19. Karnaukhov A.V. Initial stage of the Mars evolution might be suitable for a life appearance because of greenhouse effect. Theoretical model. In Proc. Of III European Workshop on Exo-Astrobiology "Mars: The Search for Life", Madrid, Spain, ESA SP-545, pp.213-214, 2004.

20. Карнаухов В. Н. Экология и проблемы поиска жизни на Марсе //Биофизика. – 1996. – Т. 41. – №. 1. – С. 233-240.
21. Карнаухов А.В. Причинно-следственное моделирование как общий метод описания и исследования явлений в сложных иерархически организованных системах. Биофизика. – 2006. – Т. 51. – С. 373-381.
22. Карнаухов А.В. Карнаухова Е.В. Применение теоретико-групповых методов при моделировании сложных систем. Биофизика, 2008, т.53, вып.5, с. 849-855 .
23. Карнаухов А.В., Карнаухова Е.В. Климатическая чувствительность Земли на основе данных антарктических станций «Восток» и «Купол С», «Математическое моделирование в экологии», 23-27 мая 2011 г. Пущино, Материалы 2-й национальной конференции с международным участием. с. 118-120.
24. IPCC AR5 WG1 (2013), Stocker, T.F., ed., *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group 1 (WG1) Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 5th Assessment Report (AR5)*, Cambridge University Press