

# ***Астрономия***

*Эволюция планет и факторы  
формирования природных  
условий*



# Тела Солнечной системы

## Внешняя группа (Крупные тела)

Солнце, планеты-гиганты:  
Юпитер, Сатурн, Уран,  
Плутон .

## Внутренняя (земная) группа

Меркурий, Венера, Земля,  
Марс ; спутники планет,  
астероиды

# Различия групп

- Внешняя группа - Представляют собой жидкие шары с малой плотностью веществ (0.7 – 1.41). На их долю приходится почти вся масса Солнечной системы.
- Внутренняя группа – Тела образованы тяжёлым веществом ( плотность 3.0 – 5.5), находящимся в твёрдом или расплавленном состоянии. Их твердая поверхность контактирует или с воздушной средой и гидросферой, или непосредственно с вакуумом межпланетного пространства.

# *Эволюция планет*

Эволюция планет очень сложна, изменчива во времени и распадается на комплекс взаимосвязанных процессов. Эволюция планет рассматривается здесь прежде всего с физической стороны, но с элементами геологии, поскольку планетарная геология имеет существенные достижения в исследовании Земли и наших космических соседей.

Чтобы познать природную обстановку на планетах, надо иметь в виду, что она формируется в неразрывной связи с глобальной эволюцией космического тела. Поэтому необходимо проследить историю преобразования вещества планет.

□ Эволюция планет :

- Факторы  
эволюции

□ Строение планет

- Фаза эволюции

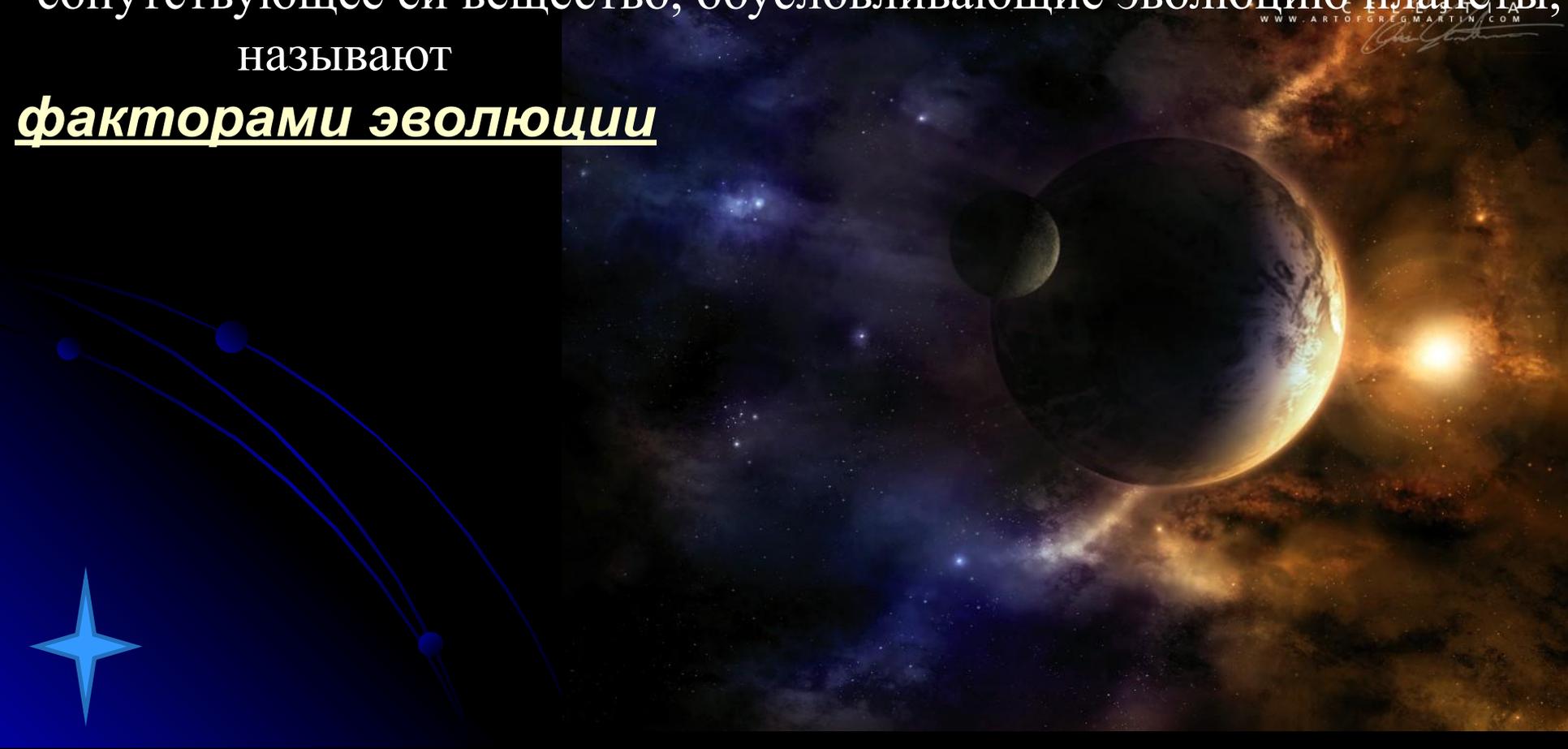
□ Природная обстановка  
на планетах



# Факторы Эволюции

Любой природный процесс может функционировать лишь при условии снабжения его необходимой энергией. Потoki её, а также сопутствующее ей вещество, обуславливающие эволюцию планеты, называют

**факторами эволюции**



# Факторы Эволюции

- Солнечная энергия
- Метеоритная бомбардировка
- Покровные брекчии формации Фра Мауро
- Реголит
- Эндогенный фактор
- Экзогенный фактор

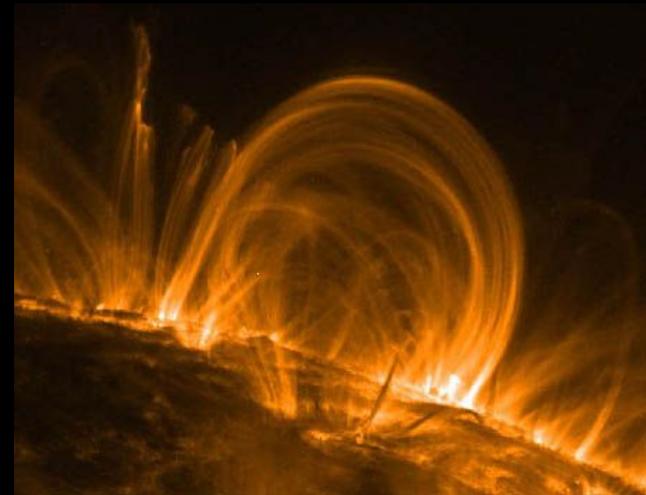


# Солнечная энергия

На планете солнечная энергия выступает в виде потоков *электромагнитного излучения* (солнечной радиации) и *корпускулярного излучения* (солнечного ветра).

Значение для природной обстановки на планетах корпускулярного излучения учеными достаточно не выяснено, что побуждает нас не входить в его рассмотрение.

Солнечная радиация формирует на поверхности планет внутренней группы тепловое поле. Оно возбуждает комплекс экзогенных процессов. Их количество и интенсивность зависят не только от мощности поступающего на поверхность планеты потока солнечной энергии, сколько от поглощающей способности внешней области планет – воздушной и водной сред.



# Метеоритная бомбардировка

*Метеоритная бомбардировка* – это выпадение на планету различного размера космических тел. В первые сотни миллионов лет существования планет этот фактор был важнейшим в их эволюции. На планетах с атмосферами и водной средой эффект метеоритной бомбардировки ослабевал и сам по себе, и особенно вследствие эндогенным и экзогенным, т.е. присущими самой планете факторами.

В структурном отношении метеоритная бомбардировка приводит как к образованию радиально-кольцевых структур планетной коры, так и к возникновению зоны дробления коренных пород. На планете образуются два слоя рыхлых пород – своеобразных *ударных брекчий* (собственно брекчий или макрореголита) и *реголита*.



# Покровные брекчии формации Фра Мауро

При ударе крупных метеоритов о лунную поверхность из образовавшегося кратера на сотни километров во все стороны выбрасывается масса обломочного материала. В результате такой бомбардировки в течении миллиардов лет вся поверхность Луны оказалась засыпанной этими выбросами, образовавшими покровную толщу брекчий – формацию Фра Мауро (от названия вулкана Фра Мауро, вблизи которого она впервые была изучена экипажем «Апполон-14»). Мощность формации варьирует в широких пределах – от десятков метров до километра и более.

Под влиянием непрерывного потока падающих метеоритов в течении всей истории Луны поверхностные породы были раздроблены на глубину нескольких километров.



# Реголит

Плотные сцементированные макробрекчии Фра Мауро перекрываются слоем в основном тонкозернистого материала – *реголита*. Мощность слоя обычно колеблется в пределах нескольких метрах. По мнению академика А.П.Виноградова, реголит – это *космическая кора выветривания*, образованная в результате бомбардировки лунного грунта потоком микрометеоритов в течение сотен миллионов – первых миллиардов лет.

«Это разнозернистый темно-серый, даже черный порошок, который легко слипается в отдельные рыхлые комки... зерна реголита оплавлены или округлены. Редко встречаются угловатые зерна».



# Эндогенный фактор

В соответствии с массой вещества в планете за счет радиоактивных элементов и гравитационного сжатия генерируется внутрипланетная, эндогенная энергия.

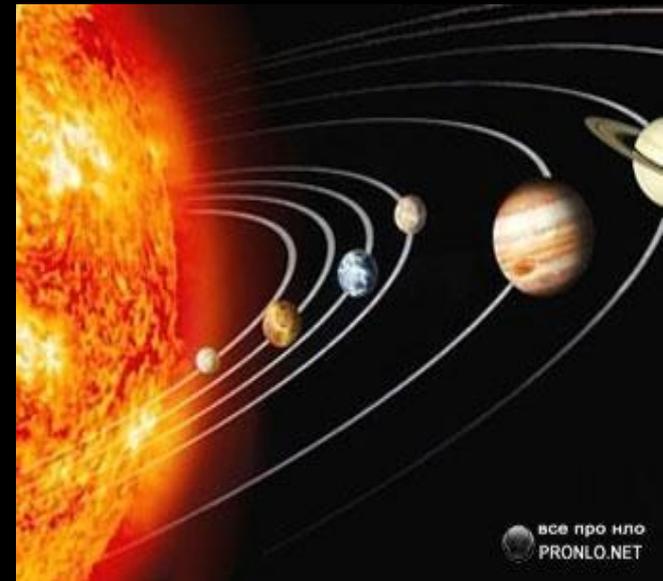
Луна как наименьшая по массе планета внутренней группы очень слабо обеспечена внутренней энергией. Следовательно, и её эндогенные процессы, т.е. перемещения и преобразования вещества, не имеют такой активностью, как, например, у Земли.



# Экзогенный фактор

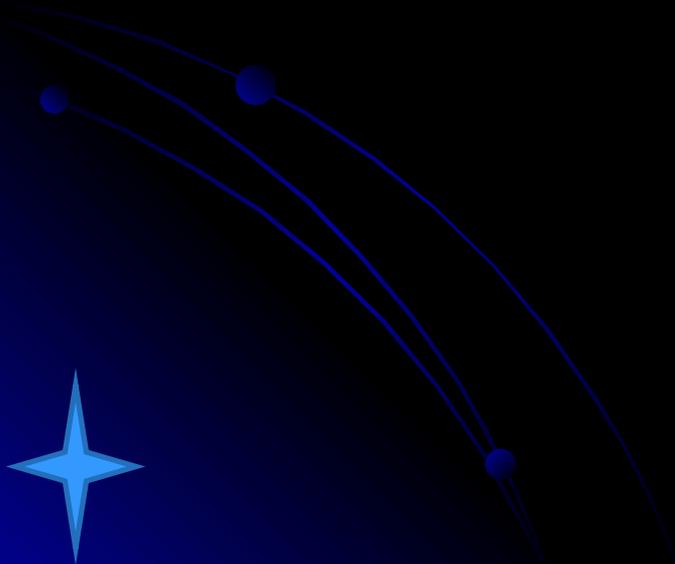
Под влиянием солнечной энергии, формирующей тепловое поле поверхности планет, во внешних их сферах развивается сложный комплекс экзогенных процессов – перемещения и преобразования вещества. В геологическом и геоморфологическом аспектах они выступают как антиподы по отношению к эндогенным процессам. Это проявляется в том, что созданные эндогенным фактором морфологически выраженные тектонические структуры экзогенным фактором уничтожаются.

На безатмосферных и безводных планетах Луне и Меркурии экзогенные процессы, перечень которых крайне ограничен, протекают чрезвычайно слабо. Очень высокая активность сложного комплекса экзогенных процессов на Земле обусловлена наличием у неё огромных масс воды, находящейся в глобальном круговороте.



# Фаза Эволюции

*Сопоставление данных об эволюции планет, за последние несколько десятилетий в результате космических исследований, позволяет говорить об однотипности ранней истории планет земной группы. Но в последующее за ранней историей время развитие планет происходило неодинаково ....*



# Фаза эволюции

- Фаза аккреции ( рождение планет )
- Фаза расплавления
- « Лунная » фаза
- Последующее время



# Фаза аккреции (рождение планет)



Фазу образования планет надо представлять себе как аккумуляцию первоначально крайне разреженного газопылевого материала протопланетного (т.е. существующего до планет) облака или туманности.

Это холодное облако вращалось и постепенно уплотнялось. В условиях вакуума космического пространства на сгущение твердых частиц, их соединение между собой в более крупные агрегаты существенное влияние оказывали газы первичной атмосферы.



# Фаза расплавления

Первым общим этапом для всех планет внутренней группы после аккреции было сплошное расплавление их внешних сфер. Этот этап соответствовал концу фазы аккреции, когда на планеты выпадало наибольшее количество самых крупных тел – планетезималей и выделялось огромное количество тепловой энергии.

Учитывая тот факт, что к настоящему времени вещество всех планет земной группы продифференцировано (т. е. в соответствии со своим удельным весом и составом разделилось на более тяжелое ядро, мантию и кору), высказывается мнение о полном расплавлении планетного вещества уже в конце фазы аккреции или непосредственно после неё



# « Лунная » фаза

Все планеты внутренней группы, в том числе и Земля, пережили «лунную» фазу. Это было время, когда господствующим рельефообразующим процессом на планетах была бомбардировка и ударные кратерные формы составляли основной элемент лунного рельефа. Другими словами, в то время поверхность каждой планеты напоминала современный рельеф поверхности Луны, откуда и произошло название фазы. У Луны и Меркурия «лунная» фаза, начавшаяся примерно 1 млрд. лет назад, продолжается и в современную эпоху.

Для того, чтобы на планетах мог сформироваться и длительно существовать кратерный рельеф «лунной» фазы, видимо, было необходимо, чтобы процесс метеоритного рельефообразования был достаточно мощным.



# Последующее время

В фазы ранней истории эволюция планет земной группы протекала однотипно. Но в дальнейшем (вплоть до современной геологической эпохи включительно) однотипность сохранилась лишь у Луны и Меркурия. Остальные планеты внутренней группы отличались между собой характером эволюции.



# Строение планет

В результате длительной эволюции сформировалась в общем сходная структура планет. Конечно, на фоне общности отчётливо проявляются и их специфические особенности, придающие каждой планете свою индивидуальность.

В соответствии с системным подходом каждую планету мы рассматриваем как открытую природную систему.

Открытыми системами, но более низкого ранга признаются и все концентрические сферы и слои внутри планет. Здесь остановимся на делении планет на две подсистемы :

❖ Внутреннюю

❖ Внешнюю



Обе части, будучи тесно связаны между собой как части целого, в то же время различаются тепловыми полями и протекающими в них процессами. Внешняя область питается космической энергией, главным образом солнечной, внутренняя – эндогенной.



- ❖ Возбуждаемые во внешней области экзогенные процессы отличаются динамичностью, протекают в высоком темпе и подчинятся климатическим колебаниям – суточному и сезонному ритмам, годовой и многолетней периодичности.
- ❖ Во внутренней области процессы чрезвычайно замедленны, что объясняется большими масштабами вовлекаемых в движение масс планетного вещества. Цикличность процессов в ней подчинена не климатическим, а геологическим закономерностям.



# Вывод

Границей между внешней и внутренней областями служит горизонт постоянной температуры в планетной коре.

Это нижний предел непосредственного проникновения в глубь литосферы солнечной энергии. Эта граница является в то же время подошвой коры выветривания, или зоны гипергенеза.

В географическом аспекте сравнительной планетологии основной интерес представляет внешняя область планет. Когда мы говорим о природной обстановке на планетах, то имеем в виду их внешнюю область.



# Природная обстановка на планетах

Под природной обстановкой мы понимаем внешнюю область планет, которая в отличие от внутренней, питающейся эндогенной энергией, обеспечивается в своём развитии преимущественно солнечной энергией. Именно ей обязаны своим формированием тепловое поля поверхности планет вне зависимости от их расстояния до светила. **Тепловое поля – это энергетическая основа развития природы внешней области планет.**

Прежде чем сравнивать природные условия планет, выясним, что мы будем понимать под термином **«природная среда»**.



# Природная Среда

Применительно к Земле вместо терминов «природная обстановка», «природные условия» будем употреблять понятие «природная среда», т.е. совокупность физических процессов в сочетании с природными компонентами — водами, поверхностью литосферы, грунтом, органическим миром, и т.д.

Основным свойством природной среды на Земле признаётся способность её к зарождению жизни, развитию органического мира, обеспечению условий существования человека и его деятельности.

Хотя это и важнейшее свойство природной среды нашей планеты, оно не может быть принято за основу сравнения природной обстановки на планетах, поскольку никаких признаков жизни на планетах пока не обнаружено.



# Формирование Природной Среды

Попытаемся же выяснить такие элементы и свойства природы, которые были бы присущи всем планетам на протяжении их истории.

- Климатические условия
- Тепловое поле поверхности планет и факторы его формирования
- Период обращения планет вокруг Солнца
- Период осевого вращения планет
- Эксцентриситет орбиты
- Наклон орбитальной плоскости к эклиптике
- Атмосфера и гидросфера
- Выводы формирование Природной среды



# Климатические условия

Замечательный отечественный естествоиспытатель конца прошлого и начала текущего столетий В.В. Докучаев (1948) открыл *закон природной зональности Земли, или географическую зональность*. В формировании природных зон определяющим фактором В.В. Докучаев признал *климат*.

Для безветренных планет – Луны и Меркурия действительны только два климатообразующих фактора – солнечная радиация и подстилающая поверхность. Эти факторы свойственны и другим планетам. Его можно назвать своеобразным «солярным климатом». Но у планет с атмосферами добавляется ещё новый фактор – состав и другие параметры воздушной среды, а также её циркуляция, на которую влияет фактор вращения Земли (закон Кориолиса).

На всех планетах земной группы существуют климатические условия, правда существенно различающиеся между собой, но тем не менее обеспечивающие формирование природных условий в очень широком диапазоне различий – от открытого космоса на Луне до богатых жизнью на Земле



# Тепловое поле поверхности планет и факторы его формирования

Поверхность планет – важнейшая контактная поверхность физических сред – литосферы, атмосферы, гидросферы и вакуума межпланетного пространства. Поверхность планет – это и энергетический фокус внешней области планет, где воспринимаются потоки энергии как из космического пространства, так и из недр где происходят их отражения и переизлучение в межпланетное пространство. Именно здесь формируется тепловое поле внешней области планеты – сфера зарождение комплекса природных процессов, зависимых в своём проявлении от его напряженности и режима.

- Факторы формирование напряжённости и режима теплового поля планет *Факторы формирование напряжённости и режима теплового поля планет.*



# Факторы формирования напряжённости и режима теплового поля планет



# Период обращения планет вокруг Солнца

Обуславливает продолжительность годовых циклов изменчивость температурного поля поверхности и хода экзогенных процессов.

У планет Солнечной системы длительность года изменяется от 58 дней у Меркурия до 250 земных лет у Плутона. С увеличением продолжительности года изменяются температуры поверхности планеты.



# Период осевого вращения планет

Определяет продолжительность суток – ритм температурных колебаний поверхности. Самые короткие сутки у планет-гигантов: чем крупнее планета, тем за более короткий период она совершает полный оборот вокруг своей оси. Юпитеру требуется 9 часов 50 минут и 30 секунд, чтобы совершить оборот, Сатурну – 10 часов 14 минут, Венере – 247 земных суток.

В соответствии с быстротой вращения планет вокруг оси находится и *экваториальная скорость* их поверхности. Например, у Юпитера экваториальная скорость наибольшая, она составляет 43000 км/час! У планет внутренней группы скорости вращения значительно меньше, и установить какую-либо закономерность в их вращении не удаётся.

Со скоростью планет связана её объёмная форма. Чем медленнее вращается планета, тем её форма больше приближается к шару, тем меньше выражено у нее сжатие. Оно выражается отношением разности экваториального и полярного радиусов планет к экваториальному радиусу.

$$R_{\text{э}} - R_{\text{п}}$$

---

$$R_{\text{э}}$$



# Эксцентриситет орбиты

Планеты обращаются вокруг Солнца не по круговым орбитам, а по эллипсам. Следовательно, расстояние их от светила все время меняется, а потому изменяется и мощность потока солнечной радиации, достигающей планеты. Чем больше у планеты эксцентриситет орбиты, тем большему изменению подвержен поток солнечной радиации. В конечном счёте изменчивость напряжённости потока солнечной радиации сказывается на напряжённости и режиме теплового поля поверхности планеты.

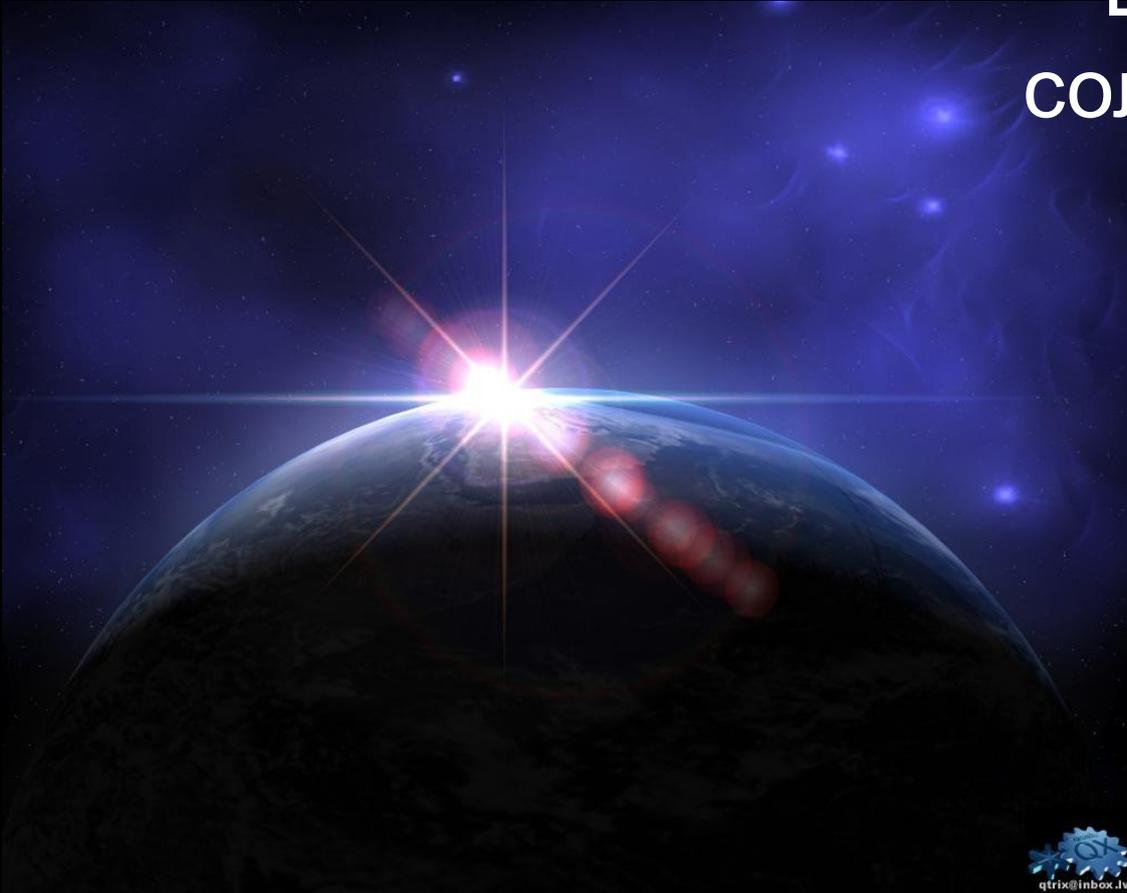
На температурный режим поверхности планет оказывает влияние и *величина наклона оси вращения* к орбитальной плоскости. У одних планет оси располагаются почти перпендикулярно к орбитальным плоскостям (Меркурий Юпитер). Следствие такого положения осей – однообразие всего года природных условий – отсутствие сезонов.

У планет с большим наклоном оси вращения резко выражены сезоны года. Тепловое поле их поверхности в значительной степени отражает ритм солнечной радиации.



# Наклон орбитальной плоскости к эклиптике

Влияет на поток  
солнечной радиации,  
усиливая или  
ослабляя его.



# Атмосфера и гидросфера

Играют огромную роль в отражении и трансформации солнечной энергии, в возбуждении во внешней области планет комплекса экзогенных процессов, в формировании природной обстановке.

Обе они всегда находятся на планетах совместно в тесной связи. Гидросфера в виде газового компонента (пара) входит в состав атмосферы. Атмосфера в зависимости от своих параметров — химического состава, плотности и др. — ослабляет поток солнечной радиации, поступающей на поверхность планеты.

Также благодаря сочетанию ряда обстоятельств создаётся среда, обеспечивающая необходимые условия для зарождения жизни (примером может служить эволюция планеты Земля).



# Выводы

- Формирование природной обстановки на планетах определяется участием многочисленных факторов, относительное значение которых в ходе времени и на разных планетах неодинаково.
- Энергетической основой природной обстановки планет является тепловое поле их поверхности, формирующееся главным образом за счёт солнечной энергии. Его напряжённость и режим обеспечивает зарождение и функционирование комплекса экзогенных процессов, активность которых находится в полной зависимости от климатических условий и изменений их во времени.
- Важнейшими природными комплексами являются атмосфера, защищающая планету от воздействия межпланетного вакуума, повышающая температуру внешней области за счёт «парникового эффекта», и гидросфера. Роль последней неизмеримо возрастает, когда она мощная и состоит из воды во всех её фазах и находится в огромной массе, активно участвуя в глобальном и частных круговоротах.



