

Управление образования администрации города Хабаровска  
Муниципальное автономное образовательное учреждение  
«Лицей «Звёздный»

# СОЗДАНИЕ ЗАКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В КОСМОСЕ

Выполнила: Сеницына Екатерина  
ученица класса 9.1

Научный руководитель: Бобрусь Кристина Олеговна  
Учитель химии и биологии



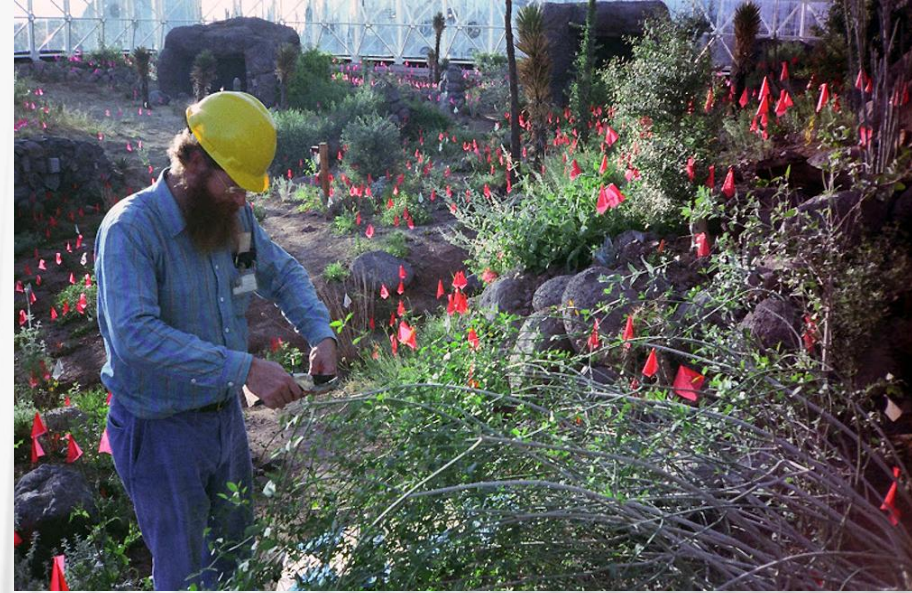
- **Замкнутая (закрытая) экосистема** — экосистема, не предполагающая какого-либо обмена веществом с внешней средой.
- Термин чаще всего используется для описания рукотворных экосистем относительно малого масштаба.
- Такие системы представляют научный интерес и могут потенциально служить в качестве систем жизнеобеспечения во время космических полётов, на космических станциях и в космических поселениях.

# ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

- В замкнутых экосистемах любые отходы жизнедеятельности одного биологического вида должны быть утилизированы как минимум одним другим видом. Следовательно, если преследуются цель поддержания жизни человека, то все отходы жизнедеятельности человека должны быть в конечном итоге преобразованы в **кислород, пищу и воду**.
- Замкнутая экосистема обязана иметь в своём составе как минимум один **аутоτροφный организм**.
- Несмотря на то, что использование хемотрофов также имеет потенциал, на данный момент практически все замкнутые экосистемы основаны на фототрофах, таких как **зелёные водоросли**.



# ИСТОРИЯ ИСКУССТВЕННЫХ БИОСФЕР



Серьезные эксперименты по организации автономных экосистем начались в 70-х годах XX века. После высадки экипажа Аполлон-11 на Луну стало понятно, что перспективы космической колонизации реальны, а опыт создания живых замкнутых пространств стал необходим для потенциальных длительных перелетов и построения инопланетных баз.

Первым за проблему взялся СССР. В 1972 году в подвале красноярского Института биофизики профессор Борис Ковров построил первую функционирующую замкнутую экосистему **БИОС-3**. Комплекс состоял из герметичного помещения размером 14×9 x 2,5 м и был разделен на четыре отсека: жилую каюту для экипажа, две теплицы для выращивания съедобных растений и генератор кислорода, где находился бак с микроводорослевыми культурами.

Водоросли и теплицы, где росли карликовая пшеница, соя, морковь, редис, свекла, картофель, огурцы, щавель, капуста, укроп и лук освещались УФ-лампами.





- ❑ В БИОС-3 были проведены 10 экспериментов с экипажами от 1 до 3 человек, а самая продолжительная экспедиция проходила 180 дней.
- ❑ Комплекс оказался на 100% автономен по кислороду и воде и на 80% по пище.
- ❑ Большим недостатком красноярской биосферы оказалось отсутствие энергетической автономности — она использовала 400 кВт внешней электроэнергии ежедневно.





Самый масштабный эксперимент по организации замкнутой экосистемы был проведен в 90-х годах в США.

**Биосфера-2** располагалась в аризонской пустыне и представляла собой систему воздухонепроницаемых стеклянных куполов.

Внутри были установлены пять ландшафтных модулей: джунгли, саванна, болото, маленький океан с пляжем и пустыня. Географическое разнообразие дополнял сельскохозяйственный блок, оснащенный по последнему слову техники, а также жилой дом, построенный в авангардном стиле.

Восемь бионавтов и около 4 тысяч разнообразных представителей фауны, включая коз, свиней и кур, должны были прожить под куполом 2 года на полном самообеспечении, за исключением потребления электроэнергии, которая использовалась в основном для охлаждения гигантского парника.

По уверению проектировщиков, Биосфера могла просуществовать в автономном режиме не менее 100 лет.





26 сентября 1991 года четверо мужчин и четыре женщины зашли внутрь купола и эксперимент начался.

Примерно через неделю выяснилось, что проектировщики «Биосферы» допустили роковой просчет — количество кислорода в атмосфере экосистемы постепенно, но неумолимо сокращалось.

Вскоре перед бионавтами встала еще одна проблема: выяснилось, что их сельскохозяйственные угодья способны обеспечить около 80% их потребности в пище.

Зимой 1992-го небо над Биосферой-2 почти всё время было затянуто облаками. Это привело к тому, что фотосинтез джунглей ослаб, выработка драгоценного кислорода уменьшилась, так же как и без того скудный органический урожай.

Неожиданно огромные пятиметровые деревья в джунглях стали хрупкими. Некоторые упали, сломав все вокруг. Впоследствии, исследуя этот феномен, ученые пришли к выводу, что его причина крылась в отсутствии ветра под куполом, который укрепляет стволы деревьев в природе.

К этому моменту все позвоночные животные «Биосферы» погибли.

В итоге Басс принял решение разгерметизировать капсулу и закачать туда кислород.

Также он разрешил бионавтам использовать неприкосновенные запасы зерна и овощей из семенного хранилища.

Таким образом, эксперимент удалось довести до конца, но после выхода колонистов Биосферу-2 признали провалом.





В это же время в NASA разработали менее экстравагантный, но более успешный проект. Космическое агентство придумало экосистему **Ecosphere** — герметичный стеклянный шар-аквариум, диаметром 10-20 сантиметров, где находилось несколько креветок *Halocaridina rubra*, кусочек коралла, немного зеленых водорослей, бактерии, расщепляющие продукты жизнедеятельности креветок, песок, морская вода и прослойка воздуха.

По уверениям производителей весь этот мир был абсолютно автономным: он нуждался только в солнечном свете и поддержании регулярной температуры — и тогда мог просуществовать «вечность».

Креветки размножались и умирали, не выходя, однако, за рамки разумного числа, которое могли обеспечить существующие ресурсы.

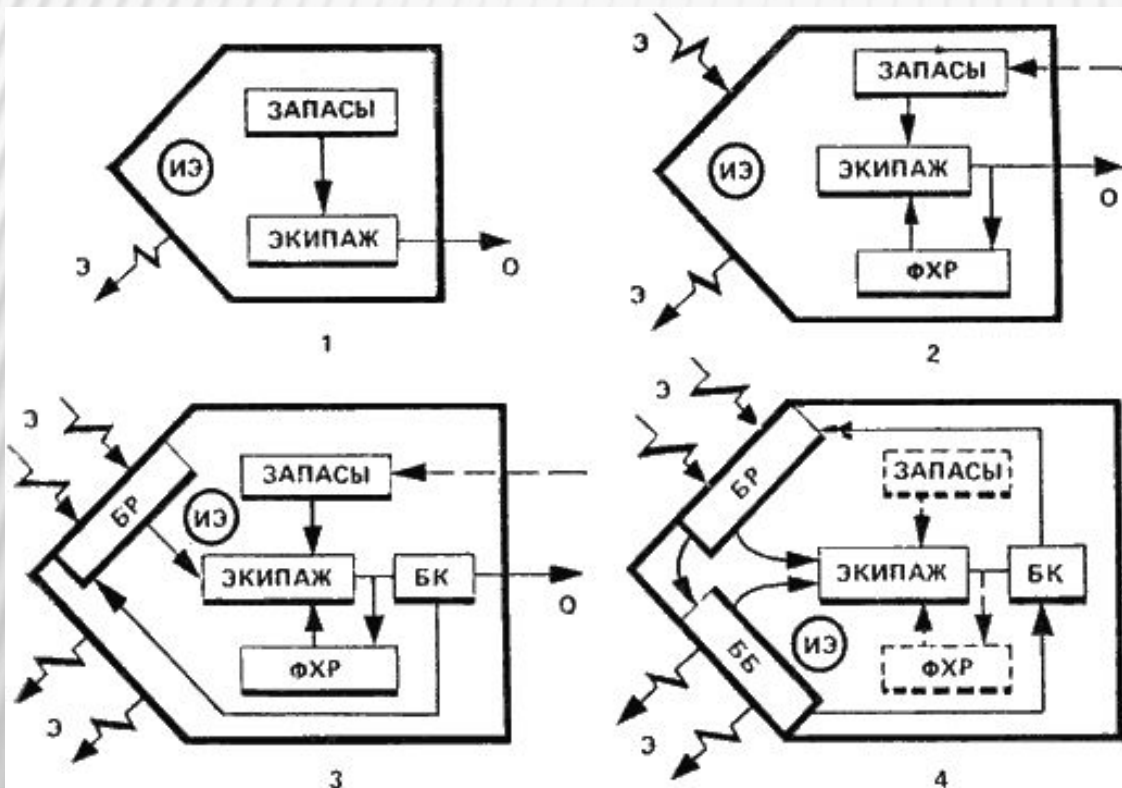
Однако вскоре выяснилось, что вечность представляет собой 2-3 года, после чего биологический баланс внутри аквариума неотвратимо нарушался и его обитатели погибали.

Тем не менее герметические аквариумы до сих пор пользуются популярностью.



# КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ С ЭКИПАЖЕМ – ИСКУССТВЕННАЯ ЗАКРЫТАЯ ЭКОСИСТЕМА

- Функции снабжения экипажа пищей, водой и кислородом, а также удаления и переработки продуктов обмена веществ и поддержания требуемых параметров среды обитания экипажа на корабле, станции и т. п. возлагаются на так называемые системы жизнеобеспечения (СЖО). Схематическое изображение основных типов СЖО космических экипажей:



Схемы основных типов систем жизнеобеспечения космических экипажей: 1 – система на запасах (все отходы удаляются); 2 – система на запасах с частичной физико-химической регенерацией веществ (ФХР) (часть отходов удаляется, часть запасов может возобновляться); 3 – система с частичной ФХР и частичной биологической регенерацией веществ растениями (БР) с блоком коррекции отходов (БК); 4 – система с полной замкнутой регенерацией веществ (запасы ограничены микродобавками).  
Обозначения: Э – лучистая или тепловая энергия, ИЭ – источник энергии, О – отходы, ББ – биоблок с животными, пунктир – необязательность процесса



Включение в СЖО экипажа наряду с многочисленными техническими устройствами биологических звеньев, требует качественно нового, экологического подхода к формированию биотехнических СЖО, в которых должны быть достигнуты устойчивое динамическое равновесие и согласованность потоков вещества и энергии во всех звеньях системы.

В этом смысле любой обитаемый космический аппарат должен рассматриваться как искусственная экологическая система.





Космическая экосистема может быть полностью или частично изолированной по веществу от внешней окружающей среды (космического пространства), однако совершенно исключается ее энергетическая (тепловая) изоляция от этой среды. Постоянный обмен энергией с окружающей средой или по крайней мере постоянный отвод тепла – необходимое условие функционирования любой искусственной космической экосистемы.

# ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ПОЛНОСТЬЮ ЗАКРЫТОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В КОСМОСЕ

- ❑ 1. Естественные трофические связи человека, которые не могут быть полностью заменены пищей из запасов, хранимых на корабле.
- ❑ Так, некоторые витамины, необходимые человеку в обязательном порядке (каротиноиды пищи, аскорбиновая кислота и др.), нестойки при хранении: в земных условиях срок хранения, например, витаминов С и Р составляет 5 – 6 мес.
- ❑ Под влиянием космических условий с течением времени происходит химическая перестройка витаминов, в результате чего они теряют свою физиологическую активность. По этой причине они должны либо постоянно воспроизводиться биологическим путем (в виде свежей пищи, например овощей), либо регулярно доставляться с Земли.
- ❑ К тому же медико-биологические исследования показали, что в условиях космического полета требуется повышенное потребление витаминов космонавтами.





2. Открытие французскими биологами способности чистой воды «запоминать» некоторые свойства биологически активных молекул и передавать затем эту информацию живым клеткам, похоже, начинает прояснять древнюю народную сказочную мудрость о «живой» и «мертвой» воде. Если это открытие подтвердится, то возникает принципиальная проблема регенерации воды на космических кораблях длительного функционирования: способна ли вода, очищаемая или получаемая физико-химическими методами в многократных изолированных циклах, заменить биологически активную живую воду?



ISS005E20309

**3.** Длительное дыхание химически чистым кислородом в условиях космического полета может привести к интенсификации окислительных процессов в организме человека и к патологическим изменениям в легочной ткани.

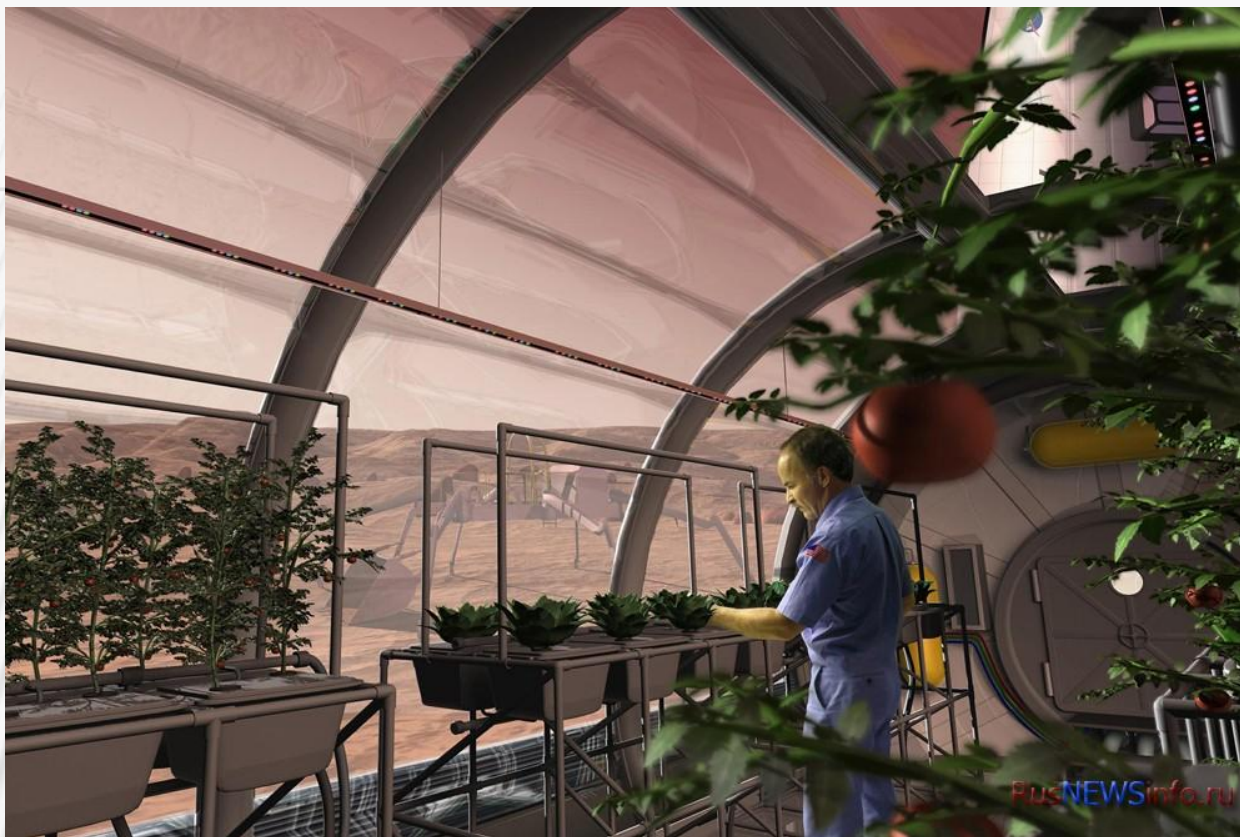
Следует отметить особую роль для человека воздуха, имеющего биогенное происхождение и обогащенного фитонцидами растений.

Фитонциды – это постоянно образуемые растениями биологически активные вещества, убивающие или подавляющие бактерии, микроскопические грибы, простейшие.

Наличие фитонцидов в окружающем воздухе, как правило, благоприятно для человеческого организма и вызывает ощущение свежести воздуха.

Так, например, командир третьего американского экипажа станции «Скайлэб» подчеркивал, что его экипаж с удовольствием вдыхал воздух, обогащенный фитонцидами лимона.





- ❑ **4.** Необходимость высших растений в космосе.
- ❑ Высшие растения нужны космонавтам не только как звено искусственной экологической системы или объект научных исследований, но и как эстетический элемент привычной земной обстановки, живой спутник космонавта в его продолжительной трудной и напряженной миссии.

# ВЫВОДЫ

- Успешное решение проблемы создания крупных искусственных экосистем, включающих человека и вещества, основанные на полностью или частично замкнутом биологическом круговороте, имеет огромное значение не только для дальнейшего прогресса космонавтики.
- Речь идет о принципиально новой научно-технической проблеме, результаты решения которой могут иметь огромное значение для защиты и охраны окружающей среды, разработки и широкого применения новых интенсивных и безотходных биотехнологий, создания автономных автоматизированных и роботизированных комплексов по наработке пищевой биомассы, решения продовольственной программы на высоком современном научно-техническом уровне.
- Космос и Земля взаимосвязаны, поэтому уже сегодня результаты космических программ дают существенный экономический и социальный эффект в самых различных областях народного хозяйства.
- Космос, Земля и люди не могут существовать друг без друга.



*Спасибо за  
внимание*

