



*Биогеоценология.*

*Микробиологические процессы в  
очистке окружающей среды*

Лекция №14

по дисциплине «Экология микроорганизмов»

# План лекции

- Биодegradация
- Удаление ксенобиотиков
- Биоремедиация
- Обработка отходов
  - жидких,
  - твёрдых и
  - газообразных



# Биодеградация

- свойство вещества к разложению на  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  благодаря деятельности природных микроорганизмов

## Стадии биодеградации

- ❖ Трансформация молекулы
- ❖ Фрагментация (разложение) молекулы на простые соединения
- ❖ Минерализация или превращение сложного вещества в простое

**Ксенобиотики** - чужеродные для организма вещества (пестициды, токсины, поллютанты), способные вызвать нарушение биологических процессов

### ❖ Примеры ксенобиотиков:

- свободные металлы (Ca, Pb, Hg);
- фреоны;
- нефтепродукты;
- пластмассы (полиэтилен, пластик);
- полициклические и галогенированные ароматические углеводороды.

### ❖ Факторы, влияющие на биодеградацию:

- растворимость;
- летучесть;
- pH среды;
- способность поступать в клетки микроорганизмов.

# Удаление ксенобиотиков

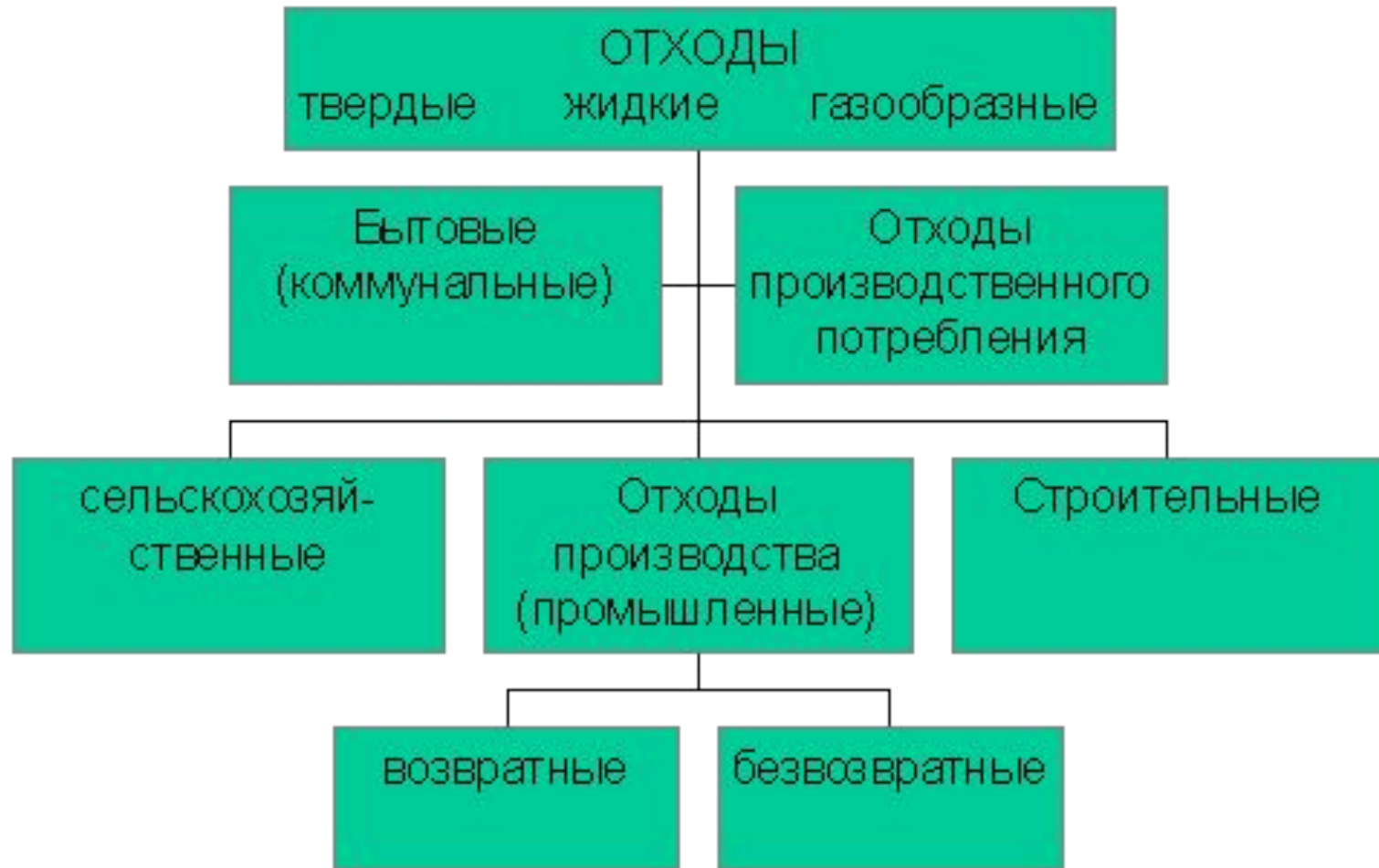
- Для биодegradации ксенобиотиков лучше использовать **ассоциации микроорганизмов**, так как они более эффективны, чем отдельно взятые виды. При этом типы связей в подобной ассоциации могут быть различны (синтрофия). Тесные ассоциации оформлены в виде гранул, хлопьев, сложных биоплёнок.
- Некоторые микроорганизмы способны изменять молекулу ксенобиотика и делать ее доступной и привлекательной для других микроорганизмов («**кометаболизм**»).
- Участвуют в разрушении ксенобиотиков
  - Бактерии : *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Burkholderia*, *Alkaligenes*, *Acinetobakter*, метанобразующие и нитрифицирующие бактерии, а из грамположительных — представителей родов *Arthrobakter*, *Nokardia*, *Rhodococcus*, *Bacillus*. Некоторые виды нитрат- и сульфатредуцирующих бактерий, а также метаногенные археи
  - Грибы: *Phanerochaete* (возбудители «белой гнили»), *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*



# *Биоремедиация*

- **Биоремедиация** – устранение загрязняющих агентов из окружающей среды посредством биологической активности. Включает: стимулирование развития микроорганизмов уже имеющихся в окружающей среде или интродуцирование в загрязнённую область микроорганизмов с уже известной деструктивной активностью.
- В различных природных местообитаниях доступность ксенобиотика для разрушающих его организмов различна (почва – гетерогенная среда, сорбция вещества на частицах).
- Используют также внесение в загрязнённую область лимитирующих процесс элементов в доступной форме.
- Отмечен феномен адаптации микроорганизмов к новым соединениям.

# Обработка отходов



# *Очистка жидких отходов*

- В Древнем Египте, Греции, Риме существовали канализационные системы, по которым отходы жизнедеятельности транспортировались в водоёмы.
- В Древнем Риме перед сбросом в реку канализационные стоки накапливали в пруде-отстойнике.
- В Средние века экскременты выливались на улицы, это вызывало загрязнение источников воды и приводило к возникновению эпидемий.
- В 19 в. изобретён туалет с водным смывом. Сточные воды стали собирать и удерживать в больших ёмкостях, осадок использовали как удобрение.
- В 20 в. разработаны первые простейшие методы очистки сточных вод – поля орошения и поля фильтрации, а также изобретены резервуары с принудительной аэрацией – аэротенки.

# Очистка жидких отходов

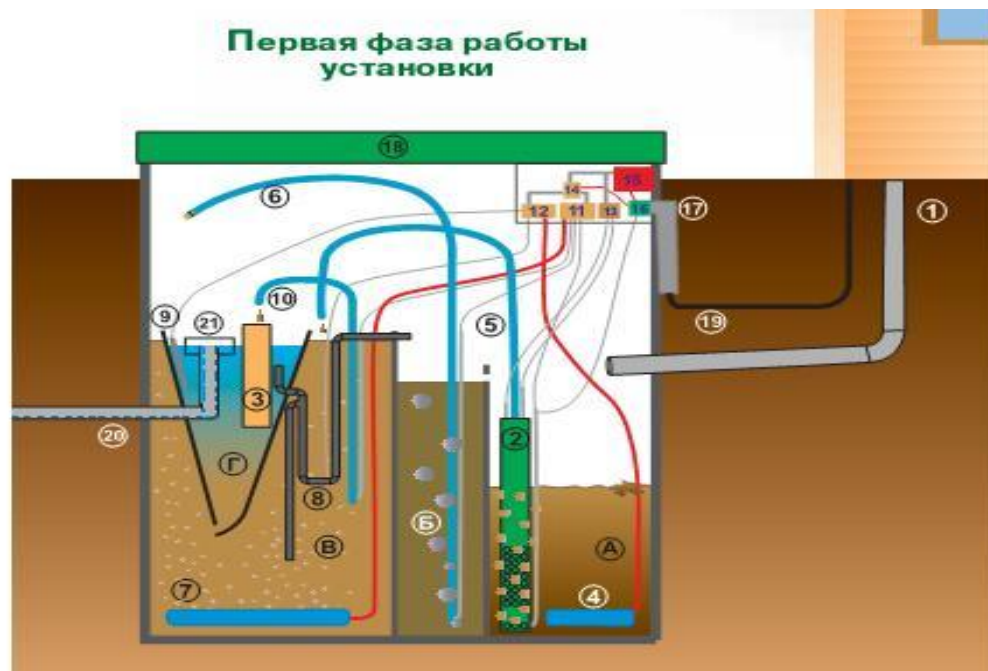
- Очистка сточных вод осуществляется в 3 этапа:
- 1. Механическая очистка удаляет суспендированные твёрдые компоненты
- 2. Биологическая очистка необходима для достижения допустимого уровня содержания органических загрязнений
  - БПК - биологическое потребление кислорода служит показателем общего количества содержащихся в сточных водах органических и неорганических загрязнений, окисляемых микроорганизмами за определенный промежуток времени (2, 5, 8, 10, 20 суток) в мг O<sub>2</sub> на 1 мг (или 1 л) вещества.
  - ХПК - химическое потребление кислорода означает количество кислорода, необходимого для полного химического окисления компонентов сточных вод. ХПК также выражают в мг O<sub>2</sub> на 1 мг (или 1л) вещества.
  - Эффективность биологической очистки сточных вод оценивается отношением БПК<sub>5</sub> / ХПК<sub>5</sub>. Это отношение составляет для: - бытовых сточных вод примерно 0,5; - производственных сточных вод менее 0,5; - сточных вод предприятий пищевой промышленности более 0,5.
- 3. Третий этап предназначен для удаления минеральных и устойчивых к разложению органических соединений.



# Очистка жидких отходов

Комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах.

- ❖ **Активный ил** — сложное сообщество микроорганизмов разных групп и многоклеточных животных

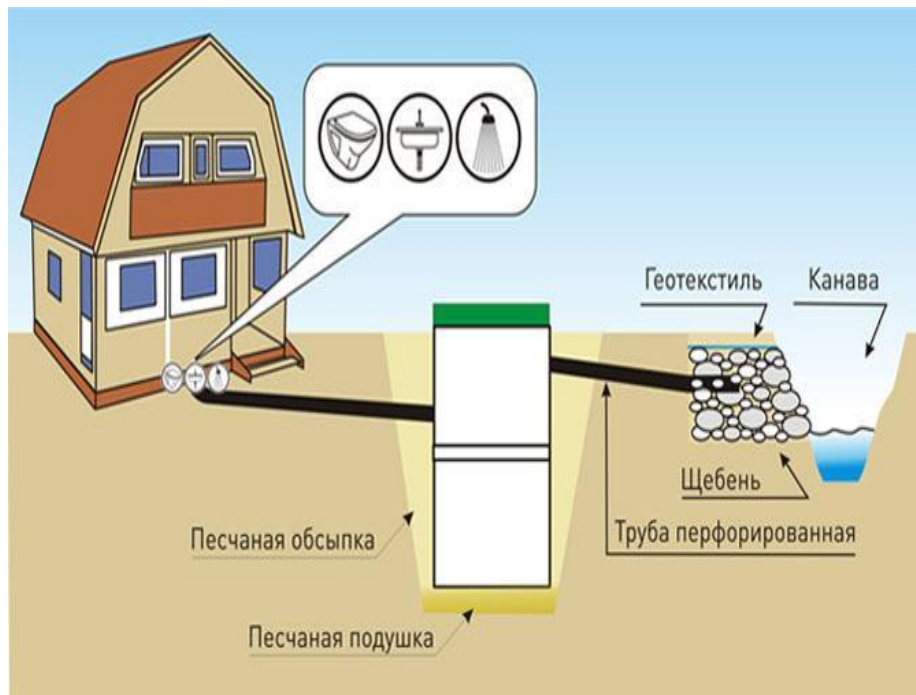


А. Приемная емкость Б. Стабилизатор ила В. Аэротенк Г. Вторичный отстойник

1. Входная труба 2. Фильтр крупных нечистот 3. Успокоитель вторичного отстойника 4. Аэратор приемной емкости 5. Главный эрлифт 6. Насос стабилизированного ила 7. Аэратор аэротенка 8. Насос рециркуляции 9. Удалитель биопленки 10. Циркулятор вторичного отстойника 11. Распределитель 1Ф 12. Распределитель 2Ф 13. Турбораспределитель 14. Распределительный клапан 15. Компрессор 16. Блок управления 17. Электроввод 18. Утепленная крышка 19. Электрокабель 20. Выходная труба 21. Выходной фильтр

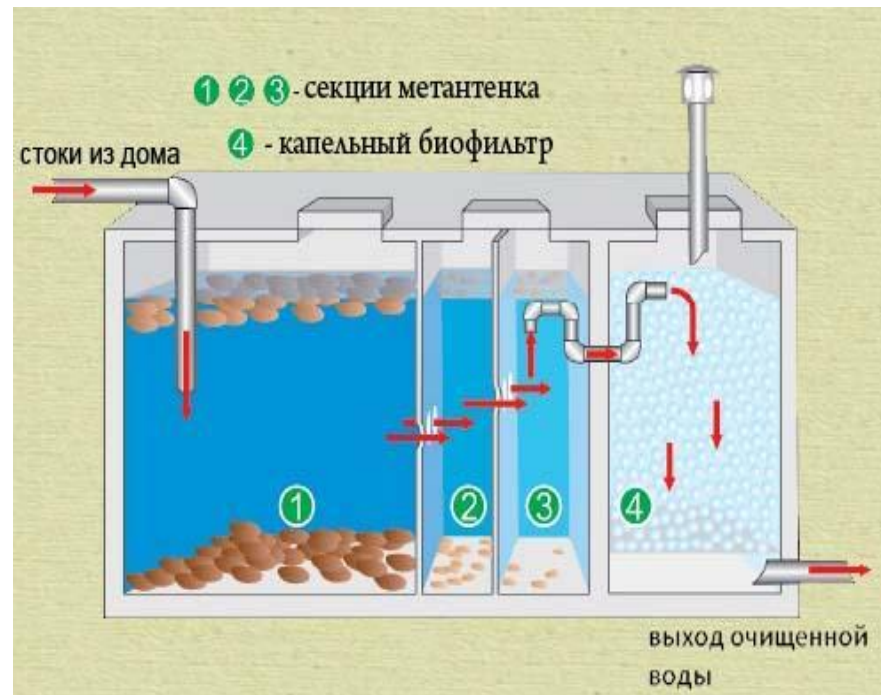
# Очистка жидких отходов

## Биофильтр



1. Входная труба из дома в септик. Через входную трубу стоки из унитаза, ванной и кухни попадают в очистное сооружение.
2. Септик. Попадая в первую ёмкость происходит осаждение твёрдых частиц, удаление взвешенных фракций и брожение осадка жидкостей.
3. Переливная труба. Через переливную трубу предварительно очищенные стоки попадают на следующую ступень очистки — в биофильтр.
4. Биофильтр. Ёмкость, заполненная пористым материалом, с живущими в нём бактериями, доочищающими воду до 90%.
5. Водоприёмник собирает очищенную воду

## Метанотенк

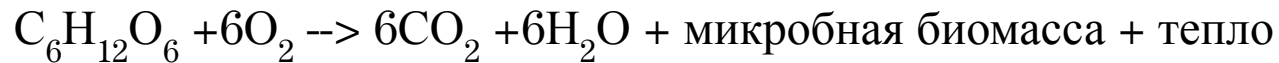


Метанотенк представляет собой герметичный ферментер объемом в несколько кубических метров с перемешиванием, который обязательно оборудуется газоотделителями с противополаменными ловушками. Метанотенки работают в периодическом режиме загрузки отходов или сточных вод с постоянным отбором биогаза и выгрузкой твердого осадка после завершения процесса.

# Аэробная и анаэробная очистка

- Преимущество **аэробного процесса** состоит в высокой скорости и использовании веществ в низких концентрациях, недостаток – образование большого количества микробной биомассы.
- Преимущество **анаэробного процесса** – относительно незначительное образование микробной биомассы, возможности обработки концентрированных стоков, в образовании энергоносителя - метана. Недостатки – невозможность удаления загрязнений в низких концентрациях, для глубокой очистки необходимо использовать и аэробную стадию.

*Аэробный процесс*



*Анаэробный процесс*



# Обработка твёрдых отходов

- Твёрдые отходы составляют:
  - Инертные материалы (стекло, металл, пластик),
  - Биологически разлагаемые органические субстраты (пищевые отбросы, бумага),
  - Активные илы очистных сооружений и отходы сельскохозяйственного производства.
- **Захоронение отходов** осуществляют на малоценных землях (органическое вещество под действием анаэробных микроорганизмов в таких захоронениях разлагается до 30-50 лет).
- Трудность представляет **диффузия метана** (возможность взрыва), что требует создания системы трубопроводов и насосной станции.
- Необходимо **устройство дренажных систем** или непроницаемой глиняной «чаши».



# Обработка твёрдых отходов

- Необходимо предварительное **разделение отходов** на биоразлагаемую и неразлагаемую фракции.

- Нералагаемые материалы могут быть использованы вторично.
- Органические отходы размещают на грунте послойно в комбинации с активным илом или объёмными материалами (бумага, опилки, торф) и подвергнута компостированию.

- **Компостирование** - это микробиологический процесс, в результате которого органические материалы превращаются в гумусоподобный материал, используемый как удобрение.

- При компостировании необходимо:

- Перемешивание
- Отвод тепла
- Орошение водой
- Выделение больших площадей

- Если в материале, подлежащем ликвидации, содержание сухого вещества превышает 50%, рекомендуется его **сжигание** в мусоросжигательной печи без предварительной биологической обработки.

Состав ТБО в некоторых странах

Виды материалов	США	Европа	Корея	Россия
Бумага	38,1%	33,5%	27%	35%
Крупногабаритные материалы	12,1%	12,2%	—	—
Пищевые/ органические отходы	10,9%	34,7%	23%	40%
Пластик	10,5%	11,6%	7%	6%
Металлы	7,8%	5,3%	9%	4%
Резина, кожа, текстиль	6,6%	—	3%	1%
Стекло	5,5%	2,8%	5%	3%
Дерево	5,3%	2,1%	4%	2%
Прочие	3,2%	—	20%	12%

# Биоочистка почвы

in situ

- ❖ Очистке почвы от загрязнителя без её удаления из района загрязнения
- ❖ Введении в загрязнённую почву кислорода, ферментов, питательных веществ для стимуляции роста МО и аэробной биодегградации загрязнителей

ex situ

- ❖ Основана на снятии слоя загрязнённой почвы и очистке её за пределами места загрязнения
- ❖ Почву складывают слоем высотой 1-3 метра
- ❖ При этом для аэрации смешивают с рыхлым веществом (соломой)
- ❖ В процессе ремедиации из-за продувки воздуха происходит испарение из грунта различных веществ, в том числе самого загрязнителя



# Очистка загрязнённого воздуха

- ❖ Биофильтрация – очистка воздуха основанная на й способности МО, образующих биологически активную пленку (biofilm) на поверхности твердого пористого носителя, извлекать из проходящего сквозь этот носитель воздуха примеси, разлагать их до  $H_2O$  и  $CO_2$ .

## ❖ Составные части биореактора

- модуль
- накопительный бак
- электронасосный агрегат
- блок управления

## ❖ В состав модуля биореактора входят:

- рабочая зона с ярусами носителя биомассы, форсунками системы орошения носителя биомассы
- емкость минерального раствора с носителем биомассы и раздаточными трубами сжатого воздуха
- верхняя крышка с выходным патрубком.

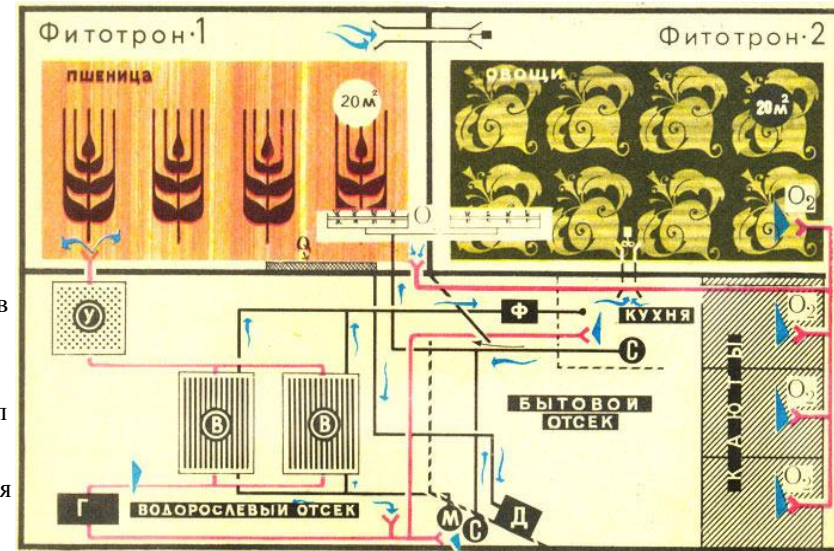


Биореактор



# Искусственные экосистемы

- Замкнутой экосистемой называется система, которая не производит обмена веществом с внешним окружением. Хотя сама биосфера Земли соответствует этому определению, этот термин часто используется для описания более мелких искусственных экосистем. Такие системы представляют научный интерес, кроме того, их изучение потенциально полезно для будущих разработок жизнеобеспечения экипажей космических кораблей, станций либо других искусственных систем обитания.
- **БИОС-3** — экспериментальный комплекс красноярского Института биофизики, моделирующий замкнутую экологическую систему жизнеобеспечения человека с автономным управлением.
- В 1968 году были проведены первые эксперименты в трехзвенной системе «человек — микроводоросли — высшие растения». На основе этих экспериментов был создан БИОС-3 — замкнутая экологическая система жизнеобеспечения человека с автономным управлением.
- Строительство началось в 1965 году и было завершено в 1972 году. БИОС-3 состоял из 315 кубических метров, пригодных для обитания трех человек. Он был разделен на 4 отсека, в одном из которых жили люди, еще в одном — фотосинтезирующие водоросли, в двух других — пищевые растения — пшеница и овощи. Уровень света, сопоставимый с солнечным, в каждом отсеке обеспечивался двадцатью 6 кВт ксеноновыми лампами, охлаждаемыми водой.
- В оранжереях при искусственном освещении выращивалась пшеница, соя, салат, чуфа. Растения имели укороченные стебли, что позволяет снизить количество отходов. Чуфа (средне-азиатская трава) выращивалась для производства растительного масла. Продукты животного происхождения применялись в виде консервов.
- Жизнь в "БИОСе" в течение шести месяцев не вызывала у человека отрицательных изменений в состоянии здоровья, в том числе в микрофлоре его кожных, слизистых покровов в кишечнике, а также каких-либо аллергических явлений из-за контакта с растениями. Атмосфера, вода и растительная пища оказались вполне пригодными.





# Искусственные экосистемы

## Биосфера – 2

Самый глобальный (впрочем, как и самый разрекламированный) проект по созданию искусственной экосистемы был построен в начале 90-х годов в Аризоне. Площадь его составляет 13000 квадратных метров, объем атмосферы – 204 тысячи кубометров. Самый крупный (но не единственный) эксперимент по выживанию людей в замкнутом пространстве проводился в течение двух лет – с 1991 по 1993 год. Все пространство было разделено на 7 биомов: тропический лес, пустыня, саванна, океан с небольшим коралловым рифом и мангровым эстуарием, агроценоз, в котором колонисты выращивали продукты питания (овощи, фрукты и скот), а также жилой блок. Около 3000 видов животных и растений были подобраны так, чтобы наилучшим образом имитировать биосферный круговорот веществ.

Биосфера 2 была разработана специально для того, чтобы в ней могли жить люди, причем абсолютно изолированно от остального мира: ни пища, ни воздух, ни вода, ни какое-либо другое вещество не проникает внутрь и ничто не уходит наружу, кроме солнечного света, электричества и информации по проводам. Сложные технические устройства создают: течения в "океане", тропические дожди, морской прибой и имитируют другие природные явления, а множество специальных датчиков постоянно определяет температуру, содержание тех или иных элементов в почве, воде и воздухе внутри Биосферы 2, записывая эти параметры для дальнейших исследований.

Закончившийся в сентябре 1993 г. первый эксперимент с двухгодичным замыканием выявил существенные нарушения "биосферного" равновесия в комплексе: падение содержания кислорода в атмосфере с 21% до 15%, потребовавшее его восстановления за счет введения кислорода извне, недостаточную в сравнении с ожидаемой продуктивность сельскохозяйственных растений, гибель 10% - около 300 видов различных животных, большие потери в весе испытателей и т.д. Кроме того, исследователи не учли физические факторы: по утрам на стеклянной крыше Биосферы -2 конденсировалась вода и выпадал дождь, вследствие чего в пустыне обильно проросли растения. Предусмотрев течения в "океане", создатели Биосферы-2 не предусмотрели ветер, без воздействия которого стволы деревьев стали хрупкими, что привело к обламыванию кроны многих деревьев под собственной тяжестью.

