Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра биологии с экологией и курсом фармакогнозии

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «**Доказательная медицина, экология**»**

**модуль «Экология»**

**для специальности** 31.05.02 – «Педиатрия»

(очная форма обучения)

 **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5**

**ТЕМА:** **«**Общая теория экологии. Теория систем**»**

Утверждены на кафедральном заседании

протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой

д.б.н., доц. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Виноградов В.В.

Составитель:

к.б.н., доцент. \_\_\_\_\_\_\_\_ Власенко О.А.

Красноярск, 2016

Занятие № 5

**Тема: «**Общая теория экологии. Теория систем**»**

План изучения темы

1. Принципы теории систем в экологии
2. Главные законы экологии
3. Основные объекты экологии
4. Системные связи в экологии

Контроль исходного уровня знаний и умений

Дайте письменные ответы на вопросы:

1. Что такое эмерджентность системы?
2. Назовите системы по типу обмена веществом и/или энергией со средой.
3. Что такое устойчивость системы (способность к самоподдержанию)?

**Входное тестирование**

1. ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ – ЭТО:

а. показатели состояния здоровья человека и популяции

б. показатели состояния агроэкосистемы

в. показатели состояния промышленных экосистем

г. показатели, характеризующие устойчивые природные связи

д. показатели среды жизни человека, обеспечивающих разные стороны его потребностей

2. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА – ЭТО:

а. совокупность организмов одного вида

б. сочетание факторов неживой природы на однородной территории

в. совокупность организмов разных видов

г. совокупность организмов и окружающей среды

д. совокупность различных видов растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой таким образом, что вся эта совокупность может сохраняться неопределенно долгое время

3. ПО ВИДУ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ ЭКОСИСТЕМЫ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА:

а. естественные

б. автотрофные

в. антропогенные

г. гетеротрофные

4. Различия между экосистемами на Земле в основном обусловлены:

а. различиями в средней температуре и средней норме осадков

б. разницей видов растений и животных, составляющих экосистему

в. неравномерностью распределения питательных веществ биогеохимическими циклами

г. различными солями, растворенными в водных источниках

д. присутствием или отсутствием человека

5. УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ – ЭТО:

а. результат многочисленных взаимодействий различных биотических и абиотических условий

б. биологическое многообразие

в. очень тонкое взаимодействие лимитирующих факторов

г. все вышеприведенные ответы верны

Аннотация (краткое содержание темы)

**1. Принципы теории систем в экологии**

Согласно общей теории систем *под системой понимается некая мыслимая или реальная совокупность частей (элементов) со связями (взаимодействиями) между ними.* Здесь рассматриваются только реальные материальные системы. ***Некоторые общие свойства систем:***

1. Свойства системы невозможно понять лишь на основании свойств ее частей. Решающее значение имеет именно *связь* или *взаимодействие* между частями системы. По отдельным деталям машины перед сборкой нельзя судить о ее действии. **Степень несводимости свойств системы к свойствам отдельных элементов, из которых она состоит, определяет *эмерджентность* системы.**
2. Каждая система имеет определенную *структуру.* Она не может состоять из абсолютно идентичных элементов; для любой системы справедлив *принцип необходимого разнообразия* элементов. Нижний предел разнообразия - не менее двух элементов, верхний - бесконечность. Разнообразие зависит от числа разных элементов, составляющих систему, и может быть измерено. В экологии оно обычно оценивается по показателю К. Шеннона:

**(1.1)**

Где: *V -* индекс разнообразия, *pi -* нормированная относительная численность i-го вида организмов в совокупности *п* видов (Σ*pi* = 1).

1. Выделение системы делит ее мир на две части - саму систему и ее среду. При этом сила связей элементов внутри системы больше, чем с элементами среды. По характеру связей, в частности, по типу обмена веществом и/или энергией со средой в принципе мыслимы:
* *изолированные системы* (никакой обмен не возможен);
* *замкнутые системы* (невозможен обмен веществом, но обмен энергией возможен);
* *открытые системы* (возможен обмен и веществом, и энергией). В природе реально существуют только открытые системы. Системы, между внутренними элементами которых и элементами среды осуществляются переносы вещества, энергии и информации, носят название *динамических систем.* Любая живая система - от вируса до биосферы - представляет собой открытую динамическую систему.
1. Преобладание внутренних взаимодействий в динамической системе над внешними определяет ее *устойчивость, способность к самоподдержанию.* Внешнее воздействие на биологическую систему, превосходящее силу ее внутренних связей и способность к адаптации, приводит к необратимым изменениям и гибели системы. Устойчивость динамической системы поддерживается непрерывно выполняемой ею внешней циклической работой («принцип велосипеда»).
2. Действие системы во времени называют *поведением* системы. Изменение поведения под влиянием внешних условий обозначают как *реакцию системы,* а более или менее стойкие изменения реакций системы - как ее *приспособление,* или *адаптацию.* Адаптивные изменения структуры и связей системы во времени рассматривают как ее *развитие,* или *эволюцию.*  При этом наблюдается определенная последовательность становления эмерджентных свойств (качеств) системы - *устойчивости, управляемости и самоорганизации.* Эволюция состоит из последовательного закрепления таких адаптации, при которых проток энергии через систему и ее потенциальная эффективность увеличиваются.
3. С возрастанием иерархического уровня системы возрастает и сложность ее структуры и поведения. *Сложность* системы определяется числом *п* связей между ее элементами:

**Hn= lgn (1.2)**

Обычно системы, имеющие до тысячи связей (0 < Hn< 3), относятся к *простым;* до миллиона связей (3 < Hn < 6) - *к сложным;* свыше миллиона (Hn > 6) – к *очень сложным.* Все реальные природные биосистемы очень сложны.

Другой критерий сложности связан с характером поведения системы. Если система способна к акту решения, т.е. к выбору альтернатив поведения (в том числе и в результате случайного изменения), то такая решающая система считается сложной. Следствием увеличения сложности систем в ходе их эволюции является *ускорение эволюции,* все более быстрое прохождение ее стадий, равноценных по качественным сдвигам.

1. Важной особенностью эволюции сложных систем является неравномерность, отсутствие монотонности. Периоды постепенного накопления незначительных изменений иногда прерываются резкими качественными скачками, существенно меняющими свойства системы. Обычно они связаны с так называемыми *точками бифуркации -* раздвоением, расщеплением прежнего пути эволюции.. Даже для решающих систем результат выбора часто непредсказуем, а сам выбор в точке бифуркации может быть обусловлен случайным импульсом.
2. Любая реальная система может быть представлена в виде некоторого материального подобия или знакового образа, называемого соответственно аналоговой или знаковой *моделью системы.* Моделирование неизбежно сопровождается некоторым упрощением и формализацией взаимосвязей в системе. Эта формализация может быть осуществлена в виде логических (причинно-следственных) и/или математических (функциональных) отношений.

**2. Главные законы экологии**

***Закон больших чисел:*** *совокупное действие большого числа случайных факторов приводит, при некоторых общих условиях, к результату, почти не зависящему от случая, т.е. имеющему системный характер.*

***Принцип Ле Шателье – Брауна*** *- при, внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в направлении, при котором эффект внешнего воздействия уменьшается.*

В мире действует **закон *всеобщей связи вещей и явлений в природе и в обществе.*** Он связан *с законом физико-химического единства живого вещества, законом развития системы за счет окружающей ее среды и законом постоянства количества живого вещества,* сформулированных В.И. Вернадским.

***Закон цепных реакций.*** *Любое частное изменение в системе неизбежно приводит к развитию цепных реакций,* идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых взаимосвязей и новой системной иерархии.

***Закон оптимальности.*** Любая система функционирует с наибольшей эффективностью в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах.

***Правило максимального «давления жизни».*** Вместе с этим в живой природе действует правило максимального «давления жизни»: *организмы размножаются с интенсивностью, обеспечивающей максимально возможное их число.* Однако давление жизни ограничено емкостью среды, межвидовыми взаимоотношениями, взаимоприспособленностью различных групп организмов. Эту закономерность иногда обозначают как *закон сопротивления среды жизни, или закон ограниченного роста* Ч.Дарвина. Дарвину принадлежит также *экологическая аксиома адаптированности:* каждый биологический вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования, которая позднее получила название *экологической ниши.* Очевидна связь этого положения с законом оптимальности.

***Законы экодинамики.*** Помимо константности количества живого вещества в живой природе наблюдается постоянное сохранение вещественной, энергетической и информационной структуры, хотя она и несколько изменяется в ходе эволюции. Эти свойства Ю. Голдсмит (1981) обозначил как *законы экодинамики.* Первый из них - *закон сохранения структуры биосферы,* второй - *закон стремления к климаксу,* т.е. к достижению экологической зрелости и равновесности экосистем.

Существуют и другие, более частные системные обобщения в экологии. Во многих руководствах часто цитируют аксиомы-поговорки известного американского ученого Б. Коммонера (1974), названные автором «законами экологии»:

«все связано со всем»,

«все должно куда-то деваться»,

«природа знает лучше»,

«ничто не дается даром».

Хотя они больше относятся к основам природопользования, в них находят отражение некоторые важные постулаты экологии.

**3. Основные объекты экологии**

***Организменный уровень.*** На низшей ступени иерархии объектов экологии находится *организм* (особь, индивидуум) в качестве представителя *биологического вида - генетически, морфологически и экологически однородной группы живых существ, обособленной от других видов по этим же критериям.*

***Популяционный уровень.*** Каждый биологический вид в природе представлен почти всегда несколькими, часто многими популяциями. ***Популяция*** (от лат. populus - население) - это *совокупность особей одного вида, длительно населяющих определенное пространство, имеющих общий генофонд\* возможность свободно скрещиваться и в той или иной степени изолированных от других популяций этого вида.*

***Экосистемный уровень.*** Основной объект экологии - ***экологическая система,*** или ***экосистема*** *- пространственно определенная совокупность организмов разных видов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими и информационными взаимодействиями.*

**Биосферный уровень.** На высшей ступени иерархии биосистем находится глобальная экосистема -***биосфера****- совокупность всех живых организмов и их экологической среды в пределах планеты.* Вернадский подошел к такому пониманию со стороны геохимии. По его представлениям биосферу слагают три категории субстанций:

1. *Живое вещество -* совокупность всех живых организмов - микроорганизмов, растений и животных, их активная биомасса; живое вещество противопоставлено неживому, косному веществу - горным породам, минералам, никак не связанным с деятельностью живых организмов (изверженные и метаморфические породы земной коры, магматические руды, продукты их абиогенного преобразования и т.п.);
2. *Биогенное вещество -* мертвая органика, все формы детрита, торф, уголь, нефть и газ биогенного происхождения, а также осадочные карбонаты, известняки и т.п.;
3. *Биокосное вещество -* смеси живого вещества и биогенных веществ с минеральными породами небиогенного происхождения (почва, илы, природные воды, газо- и нефтеносные сланцы, битуминозные пески, часть осадочных пород).

Сегодня Земля содержит многослойную насыщенную сферу искусственно созданных объектов. Для обозначения всего этого наиболее подходит термин***техносфера****- глобальная совокупность орудий, объектов и продуктов человеческого производства.* Более подробно техносфера будет охарактеризована позднее. В планетарном масштабе техносфера имеет общую среду с биосферой и множеством процессов взаимодействует с ней.

Итак,***экосфера = современная биосфера + техносфера.***В таком понимании экосфера предстает как арена взаимодействий человека и природы, на которой сосредоточены все современные экологические проблемы и коллизии. *Экосфера становится главным объектом современной экологии.*

**4.****Системные связи в экологии**

Среди форм взаимоотношений между организмами разных видов в природе главное место занимают взаимодействия, которые обобщенно могут быть обозначены как «пища - потребитель пищи», или «ресурс - эксплуататор». Сюда относятся такие явления, как отношения хищника и его жертвы, поедание травы травоядным животным, паразитизм и т.п. Взаимодействия в каждой из таких пар можно представить в виде контура прямых и обратных связей. Примером могут быть взаимовлияния численности особей в популяциях хищника (X) и его жертвы (Ж): 

Они связаны и положительной, и отрицательной причинными зависимостями. Знаки +, - в данном случае обозначают не качественный результат связи, не «хорошо» или «плохо», а однонаправленность (+) или противонаправленность (-) изменений. Чем больше численность популяции жертвы, тем больше пищи для хищников и численность их возрастает (положительная прямая связь, +). Но чем больше хищников, тем больше они уничтожают жертв и численность жертв уменьшается (отрицательная обратная связь, -).

Рассмотрим поведение более сложного контура (рис. 1).

В экологической системе замкнутого водоема можно выделить такие компоненты: растворенные в воде минеральные питательные вещества (обозначим их как **М**); потребляющие их водоросли (**В**); животные, поедающие водоросли и других животных (**Ж**); отмершие остатки организмов и продукты их жизнедеятельности - детрит (**Д**) и разлагающие детрит до минеральных веществ бактерии (**Б**).



**Рисунок 1. Схема взаимодействий (причинных связей) между основными компонентами экосистемы водоема**

*М - минеральные питательные вещества, В - водоросли, Ж - животные,*

*Д - детрит, Б – бактерии*

Допустим, что под влиянием внешнего фактора, например, благоприятной температуры или попадания в водоем органики началось усиленное развитие водорослей - фитопланктона. Это приводит к уменьшению запаса минеральных веществ и росту количества животных - от зоопланктона до рыб. Вызванное этим повышенное выедание фитопланктона приводит через какое-то время к ограничению размножения животных. Временное повышение биомассы гидробионтов ведет к нарастанию массы детрита. Будучи пищей для бактерий, детрит обусловливает их усиленное размножение и преобразуется ими в минеральные продукты. Цикл замыкается. Контур в целом имеет отрицательный знак. Система способна к самоподдержанию. На подобных механизмах основаны процессы самоочищения водоемов.

Необходимо подчеркнуть исключительное значение *отрицательных обратных связей* для любых систем, в которых осуществляется регуляция. На принципе отрицательной обратной связи построены все механизмы регуляции физиологических функций в любом организме и поддержание постоянства внутренней среды и внутренних взаимосвязей, т.е. *гомеостаза* любой авторегуляторной системы. Все экологические системы включают контуры отрицательных обратных связей.

В отличие от них контуры *положительных обратных связей*не только не способствуют регуляции, а наоборот, генерируют дестабилизацию систем, приводя их либо к угнетению и гибели, либо к ускоряющемуся росту, к «разгону» системы, за которым, как правило, следует срыв и разрушение системы.

Так, в любом растительном сообществе плодородие почвы, урожай растений, количество отмерших остатков растений - детрита и количество образующегося из него гумуса образуют контур положительных связей. Система находится в неустойчивом равновесии, так как достаточно изъятия части урожая растений без последующего возврата в почву необходимого количества питательных веществ, чтобы начался процесс деградации почвы и снижения продуктивности растений.

Самостоятельная работа

1. Что такое точка бифуркации системы?
2. Приведите примеры положительной и отрицательной обратной связи в экосистемах.

Заполните таблицу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Правило (закон) | Формулировка (описание) | Пример действия  |
| Закон больших чисел |  |  |
| закон всеобщей связи вещей и явлений в природе и в обществе |  |  |
| Закон цепных реакций |  |  |
| Закон оптимальности |  |  |
| Правило максимального «давления жизни» |  |  |
| Законы экодинамики |  |  |

Итоговое тестирование

**1. Нижний предел разнообразия системы включает:**

а) 1 элемент

б) 2 элемента

в) 3 элемента

г) 4 элемента

2. **Разнообразие системы оценивается по показателю:**

а) К. Шеннона

б) Б. Коммонера

в) В.И. Вернадского

г) В. Шелфорда

**3. Обмен вещества и энергии не возможен в системах:**

а) изолированных

б) замкнутых

в) открытых

г) полуоткрытых

**4. Не возможен обмен веществом, но обмен энергией возможен в системах:**

а) изолированных

б) замкнутых

в) открытых

г) полуоткрытых

**5. Возможен обмен веществом и энергией в системах::**

а) изолированных

б) замкнутых

в) открытых

г) полуоткрытых

**6**. **Сложность системы определяется:**

а) числом видов

б) числом внешних факторов

в) числом связей между ее элементами

г) способностью к выбору альтернатив поведения

**7. Основные свойства точки бифуркации системы:**

а) непредсказуемость и кратковременность

б) предсказуемость

в) длительное существование во времени

г) длительное существование в пространстве

**8. Мириады бактерий в почве, воде, в телах растений и животных создают особую, относительно стабильную микробиологическую среду, необходимую для нормального существования всего живого. Это пример действия закона:**

1) всеобщей связи;

2) цепной реакции;

3) оптимальности;

4) больших чисел.

**9. Значительное увеличение числа каких-либо организмов за относительно короткий промежуток времени может происходить только за счет уменьшения числа других организмов. Это пример действия закона:**

1) всеобщей связи;

2) цепной реакции;

3) оптимальности;

4) больших чисел.

**10. При сильном загрязнении озеро теряет возможность самоочищения, развиваются анаэробные организмы, и оно превращается в болото, т. е. формируется новая природная система. Это пример действия закона:**

1) всеобщей связи;

2) цепной реакции;

3) оптимальности;

4) больших чисел.

Ситуационные задачи

**Задача № 1.** В одном из заповедников, который был создан в целях сохранения сложившегося биологического разнообразия, некоторые специалисты настаивали прекратить сенокосы на лесных лугах. Дирекция заповедника была против. Кто прав в данном споре?

**Задача № 2.** В целях сохранения форели в реке экологи запретили полностью вырубку кустарника по ее берегам, произвели дополнительное облесение ее берегов и полностью запретили строительство запруд. Почему?

**Задача № 3.** Как человек может изменить энергетику экосистемы? Приведите примеры.

**Задача № 4.** Принято считать, что в процессе фотосинтеза растения преобразуют только около одного процента солнечной энергии. Оказывает ли остальная часть энергии какое- либо воздействие на функционирование экосистем? Ответ обоснуйте.

**Задача №5.** В летние месяцы в прудах и озерах наблюдается цветение воды. Что бы вы рекомендовали местным экологам:

а) провести облесение берегов водоемов, запретить выпас скота около них, разрешить сенокошение;

б) лимитировать применение удобрений на полях;

в) сохранить все традиционные виды пользования на берегах водоемов, лимитировать лов рыбы?

Обоснуйте ответ.

  **Примерная тематика УИРС и НИРС по теме:**

1. Способы и примеры сохранения биологического разнообразия.

2. Влияние закона цепных реакций на глобальные процессы в биосфере.

Рекомендованная литература по теме занятия

**- Обязательная**

Иванов В.П., Иванова Н.В., Полоников А.В. Медицинская экология. Изд-во „СпецЛит“», 2011. 430с.

Вишняков Я. Д. Охрана окружающей среды: [учебник для студ. вузов, обучающихся по направлению "Экология и природопользование"] / под ред. Я. Д. Вишнякова. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2014. - 286 с.

[Карпенков С. Х.](http://lib.biblioclub.ru/index.php?page=author&id=78971) Экология: учебник для вузов.  М.: [Директ-Медиа](http://lib.biblioclub.ru/index.php?page=publisher&pub_id=1" \t "_blank), 2015. 662 с.

**Дополнительная**

1. Андреева Е.Е. Гигиена и экология человека: Учебник / Е.Е. Андреева,В.А. Катаева, В.М. Глиненко, Н.Г. Кожевникова. — 2-е изд., испр.и доп.., 2014. 600с.  Доступ к электронному изданию

7. Григорьев А.И. Экология человека: учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.