

## Экологические основы структурно-функциональной организации паразитарных систем человека и животных

Наконечный И. В., доктор биол. наук, ННУ им В. О. Сухомлинского, 54030, г. Николаев, ул. Никольская, 24

**Анализ современных данных о структуре, деятельности и динамике активности паразитарных систем человека и животных показывает, что на всех уровнях системной организации они обеспечивают реализацию фундаментального свойства экосистем – способности к самовосстановлению и энергетической саморегуляции. Паразитарные комплексы, компонентами которых выступают инфекционные возбудители, являются органически неотъемлемыми элементами любых биоценологических группировок, обеспечивающими их целостную регуляцию и согласованное функционирование в пределах биоценозов и экосистем.**

**Ключевые слова:** межвидовые взаимодействия по типу «паразит-хозяин», организация экосистем, паразитоценологические сообщества.

Значительные достижения в изучении и профилактике инфекционных болезней являются важнейшим достижением современной цивилизации, но и сейчас пресс воздействия патогенных микроорганизмов на человечество едва ли меньший, чем в прошлом. Так, в 2005-2009 гг. ежегодная мировая смертность составила более 51 млн. человек (почти 9% популяции), в числе которых не менее 16 млн. случаев (32%) обусловлены инфекционными болезнями. До 3,5 млрд. человек ежегодно болеют разными инфекционными болезнями, что наносит огромный экономический и социальный ущерб, а также служит фоном для последующего развития соматических патологий. Не менее проблемной остается ситуация с инфекционными болезнями животных, особенно в зонах экстенсивного животноводства [6].

Одной из важнейших особенностей нозологической структуры инфекционных болезней человека и животных в последнее время является заметное возрастание распространения факторных и природно-очаговых инфекций. Их отличает преимущественно зоонозная природа возбудителей, которые потенциально угро-

жают здоровью человека и животноводству многих стран (вирусы SARS, многие виды арбовирусов, энтеровирусов, ЕНЕС- и ЕІЕС-штаммы кишечной палочки, сальмонеллы, иерсинии, листерии, бруцеллы, энтерококки, микоплазмы, рикетисии и пр.) [12].

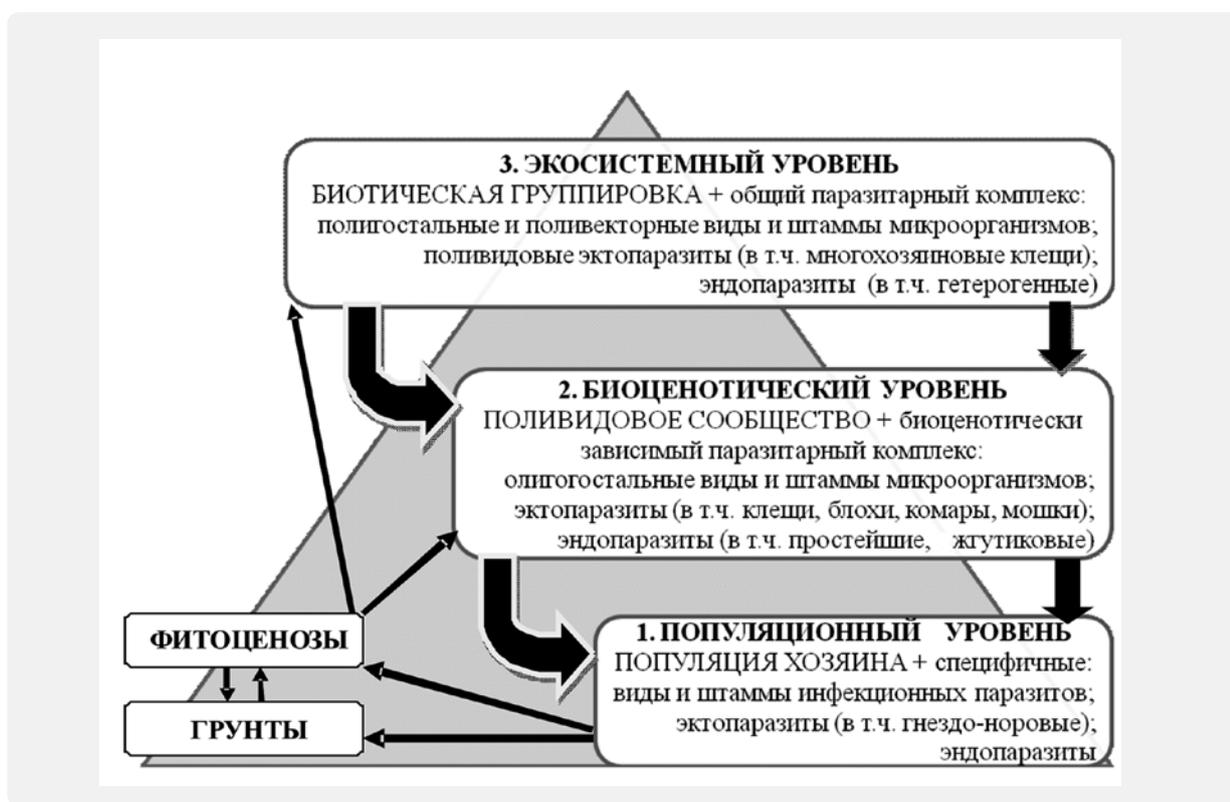
В общебиологическом плане инфекционные болезни человека и животных являются частным проявлением последствий взаимодействия разновидовых популяций, объединенных отношениями по типу «паразит-хозяин». Изучение таких экологически двуединых объектов предусматривает детальное раскрытие взаимоотношений между их составляющими, существующих в конкретных условиях внешней среды [4]. Соответственно, общеэкологические аспекты возникновения и распространения инфекций крайне актуальны для понимания сложных биологических явлений в системе «животные – человек – окружающая среда». Раскрытие последних ощутимо сдерживается отсутствием понимания системной роли инфекционного фактора, характера его биоценологических взаимосвязей и принципов взаимодействия с различными компонентами

экосистем. Без четкого понимания последних невозможно построение научно обусловленных и экологически рациональных систем долговременной профилактики инфекционных болезней животных и человека [7, 11].

Попытки преодоления указанных препятствий на данном уровне развития науки сталкиваются с ограниченностью и частичной исчерпанностью теоретического и методологического базиса, на котором построена современная система борьбы с инфекциями. Это препятствует «прицельности» действенной профилактики инфекций и одновременно ограничивает методические подходы, постулируя девастиацию очагов как главную цель. Для большинства инфекционистов уже сейчас очевидно, что существующие методы борьбы с инфекциями в большинстве случаев позволяют бороться лишь с последствиями, но не с причинами их возникновения. Назревшая необходимость установления таких причин вызвала поиски новых методологических

подходов, основанных на понимании экологической сути функциональной роли инфекционных возбудителей (хотя бы в модельных условиях) [13].

Подобные поиски исследователей к настоящему времени имеют почти интуитивный характер. Переходя в сферу экологических и общебиологических аспектов, они заметно отличаются от общепринятых эпидемических и эпизоотических концепций. В значительной мере это обусловлено междисциплинарным характером проблемы, решение которой невозможно в пределах современной инфектологии. Например, вопросы экологии возбудителей, их функциональной роли в различных биоценотических сообществах и движущих силах эпидемического (эпизоотического) процесса уже являются объектом изучения не столько медицинских и ветеринарных, сколько экологических и общебиологических дисциплин. Именно с «остановкой» научных разработок на указанном рубеже и связано отсутствие при-



**Рис. 1.** Особенности структуры и взаимодействия паразитарных комплексов с компонентами биотических систем на разных уровнях их организации

емлемых для практики, достаточно долговременных, магистральных проектов управления эколого-эпидемическим (эпизоотическим) состоянием среды [10].

Инфекция как процесс межпопуляционных взаимоотношений в целом – крайне сложное явление, которое постоянно ощущает влияние огромного количества разнообразных, переменных величин и уровня влияния факторов. В этом плане лишь системный подход как методологическая концепция для изучения целостных объектов (состояние которых определяет взаимодействие их компонентов) полностью соответствует уровню сложности данного явления [9].

Осознание системных принципов взаимодействия (прямого или опосредованного) любых инфекционно-паразитарных комплексов с макроорганизмами и другими компонентами экосистем логически ведет к принятию многоуровневой структуры взаимоотношений биотических элементов. С определенной условностью возможно выделить три основных уровня взаимоотношений: 1) между отдельными внутренними компонентами; 2) с конкретными компонентами экосистемы; 3) со всеми компонентами экосистемы в целом (рис. 1). Биотические системы первого уровня характеризует двухкомпонентный межпопуляционный тип взаимодействий (популяция хозяина – популяция паразита). Системы второго уровня, базированные на взаимодействии возбудителя с конкретным комплексом биотических и абиотических элементов, характеризует многокомпонентный, биоценотический тип взаимосвязей. Третий – наивысший уровень взаимодействия биотических систем является результатом равноправных, энергетически взаимозависимых отношений биоты, в том числе инфекционных возбудителей, со всеми компонентами экосистемы.

На первом (низшем) уровне каждая отдельная популяция животных (первичный объект паразитирования) поддерживает «собственные» паразитарные сообщества, возникшие на основе длительных межпопуляционных взаимоотношений с видоспецифичными инфекционными паразитами. Этот комплекс (паразитоценоз популяционного уровня)

практически независим от особенностей вмещающих биоценозов и способен самостоятельно обеспечить нормальный статус и жизнестойкость данной популяции (хозяина), а также ее относительно стабильную численность. Данные паразитарные группировки представлены микроорганизмами, которые в результате коэволюции вошли в прочные взаимозависимые отношения с конкретным видом-хозяином. При этом экологические взаимоотношения между ними очень динамичны, варьируют от симбиотических до явно паразитических, демонстрируя на отдельных разноразмерных и разновременных отрезках существования системы «особь/популяция/биоценоз/экосистема» резко выраженную фазовую изменчивость. Так, если в отношении индивидуальной особи популяционно-зависимый паразитарный комплекс несомненно несет угрозу (отрицательное значение), то в отношении популяции он же является абсолютно необходимым регулятором (позитивное значение). Позитивность паразитического (в данном случае инфекционного) фактора возрастает в отношении хозяина как биологического вида, существующего в составе конкретного биоценоза и, соответственно, в определенной экосистеме.

При рассмотрении структурно-функциональной организации популяционных паразитарных комплексов нельзя выделять инфекционный компонент от других его компонентов, таких как экто- и эндопаразиты. Последние служат ключевыми элементами популяционных паразитоценозов, обеспечивая его целостность, а также функции резервации, накопления, передачи и циркуляции различных инфекционных агентов внутри популяции. Особо выраженные взаимозависимые связи подобного плана проявляют арбовирусы, возбудители трансмиссивных бактериозов и протозоозов, связанные с хозяином через видоспецифичных эктопаразитов (блохи, вши, некоторые виды однохозяиновых клещей). Для многих животных и птиц в природе аналогичные функции обеспечивают гнездо-норовые виды эктопаразитов (преимущественно иксодиды и гамазиды) [2].

Основой инфекционного компонента первичных паразитоценозов для большинства теплокровных выступают видоспецифичные

(узкогостальные), обычно условно-патогенные, штаммы энтеробактерий, пастерелл, стрептококков, стафилококков, микоплазм, многие штаммы риккетсий, хламидий, различных вирусов. У человека в качестве сугубо «собственных» известны 63 вида инфекционных паразитов, которые являются возбудителями антропонозных инфекций [1].

На биоценотическом (втором) уровне взаимоотношений согласованное функционирование поливидовых биотических сообществ, существующих в пределах единой среды обитания, требует более мощной и универсальной паразитарной системы. На этом уровне популяционно-зависимые паразитарные комплексы уже не способны обеспечить целостную регуляцию биотических элементов. Естественно, что паразитоценозы второго уровня должны быть прямо зависимы не от популяций хозяина, а от конкретного биоценоза, что позволяет им обеспечивать согласованное (в пространстве и времени) взаимодействие их составных частей, а также общую стабилизацию сообществ. Одновременно, активность этих паразитарных комплексов частично дублирует и страхует на уровне биоценоза первичную регуляционную систему (популяционного уровня).

Многокомпонентность ценологических сообществ второго уровня предусматривает наличие инфекционных паразитов и переносчиков, способных к поливидовой (полигостальной) циркуляции в пределах данной биотической группировки. Такие паразитарные комплексы сформированы эктопаразитами, штаммами и видами микроорганизмов, существование которых жестко «привязано» к конкретному биоценотическому сообществу. Обычно это возбудители истинных зоонозов, сапронозов, сапрозоонозов, зооантропонозов, изредка и антропозоонозов (антропогенные штаммы сальмонелл, микобактерий, вирусов). Их эпизоотическая циркуляция обычно объединена общими объектами: станциями, водопоями, норами, кормами, грунтом, эпидемическая – пищевым и техническим сырьем, пищевой продукцией, контактом. Ряд возбудителей сапронозных инфекций в природной среде способен к частичной (или периодической) циркуляции по цепи «грызуны – грунт – растение – грызуны»,

формируя, таким образом, замкнутые круги резервирования в пределах низших звеньев трофических сетей [5, 8].

Если указанные паразитарные комплексы низших уровней не обеспечивают регуляцию и стабилизацию биотических сообществ системного уровня, а также для согласованного взаимодействия их разнотиповых составных в пределах геобиоценоза, существует третья, наиболее сложная паразитарная группировка. Мощность последней адекватно соответствует высшему, наиболее сложному уровню биотической организации – уровню экосистемы. Данные паразитоценозы сформированы эктопаразитами и возбудителями, способными к одновременному и объемному поражению множества составных элементов данного сообщества. Следствием этого является реализация системной саморегуляции, осуществляемая через прямые или опосредованные взаимосвязи биотических и абиотических составляющих экосистемы в ее конкретном фазовом состоянии [15].

Ключевым действующим началом паразитарной системы такого уровня являются инфекционные и инвазионные возбудители, способные к поливидовой циркуляции с последующей инициацией эпизоотий (эпидемий) вспышечного типа (чума, туляремия, геморрагические лихорадки). Очень важным функциональным элементом (обеспечивающим резервуар, источник и фактор передачи возбудителя) циркуляционных кругов третьего уровня являются поливидовые эктопаразиты – переносчики инфекта. Среди них особое значение (в природе) имеют вольноживущие многохозяиновые клещи, обеспечивающие через паразитарный контакт обширность циркуляционных кругов возбудителя, включающие большинство позвоночных [3]. При этом клещи-переносчики выступают не только иницирующим эпизоотию объектом, но одновременно и фактором ее регуляции. Переданные ими микродозы инфекта способствуют развитию иммунного напряжения, достаточного для защиты от инфекционного регулятора, что позволяет микро- и макроорганизмам успешно сосуществовать в данной экосистеме. При возрастании плотности отдельных видов и частичной дестабилизации экосистемы частоты паразитарного

заражения возрастают, возникает «пробой» иммунной защиты и эпизоотическая вспышка. Таким образом, со стороны паразитарного комплекса возникает опосредованное через системные взаимосвязи регуляционное воздействие на состояние биотического, а далее и абиотического компонентов экосистемы [14].

Паразитарные комплексы всех уровней, находясь в пределах единой экосистемы, прямо или опосредованно подвергаются действию внешних факторов: энергетических, климатических, ландшафтных, антропогенных. Влияние указанных факторов через ряд системных взаимосвязей достигает каждого отдельного элемента, вызывая в ответ их обратные реакции. Несмотря на разнообразие и разнонаправленность ответных реакций, все они в общем направлены к системной адаптации.

В случае структурной дестабилизации указанных паразитарных систем теряется и регуляционная способность экосистемы, что сопровождается возрастанием энтропии. Ярким примером является хорошо известный феномен вспышечного размножения интродуцентов, который со временем сменяется депрессией численности и даже исчезновением аллохтонного вида. Вид-интродуцент, используя свободную экологическую нишу, длительное время остается вне сферы действия паразитарной регуляции системного уровня и лишь частично ощущает влияние паразитарных группировок популяционного и биоценотического уровней. Регуляционный эффект последних не способен преодолеть потенциал размножения, что и служит основной причиной вспышки численности. По мере взаимоадаптации интродуцента с компонентами аборигенной экосистемы, этот вид все больше попадает под воздействие ее регуляционных механизмов и быстро входит в состояние депрессии. Аналогичные ситуации имеют место при развитии эпидемических процессов, инициированных экзотичными для данной популяции (местности) видами или штаммами возбудителей.

Человек и домашние животные, которые являются компонентами большинства экосистем суши, ощущают на себе все проявления их инфекционной регуляции. В таких условиях существование и выживание домашних животных

не имеет принципиальной разницы от диких (эксантропных) видов, требуя в равной мере выработки адаптационных реакций к условиям данной среды. Несоответствие адаптационных возможностей биотического компонента условиям среды автоматически ставит его под «удар» регуляторного противодействия экосистемы, стремящейся к самостабилизации.

Одним из частных примеров указанного регуляционного противодействия (всех трех уровней) является напряженная эпизоотическая ситуация в современном животноводстве интенсивного типа [6], предусматривающая содержание животных в искусственных или закрытых микроэкосистемах ферм. Внимательное рассмотрение последних показывает, что здесь практически полностью сохранено первичное звено паразитарного комплекса со всеми признаками популяционного (первого) уровня организации, сформированное животными определенных видов (хозяев) с их видоспецифичными паразитами. При отсутствии регуляционных механизмов второго и третьего уровня, стабилизационный потенциал фермской микроэкосистемы крайне ограничен. Результатом является высвобождение первичных эпизоотических процессов от механизмов системного контроля с последующим развитием вспышечного проявления инфекционных болезней факторного типа и формирование их стационарных очагов.

В системном плане инфекционные болезни являются целостным явлением, всецело находящимся в экологической плоскости, в пределах которой происходят все проявления их существования. При этом паразитарные комплексы, компонентами которых выступают инфекционные возбудители, являются органически неотъемлемыми элементами любых биоценологических группировок, обеспечивающих их целостную регуляцию и согласованное функционирование на всех уровнях системной организации.

Возникновение, существование, структурно-функциональная организация и характер динамического состояния паразитарных комплексов обусловлены общеэкологическими принципами, соответствующими при этом положениям закона внутреннего динамического равно-

весия экосистем. Естественно, что все формы активности этих комплексов лимитированы взаимосвязями системного характера, поэтому экобезопасность среды, эффективность контроля и борьбы с инфекциями (инвазиями) являются производными от экологической согласованности используемых при этом подходов и методов.

## Список использованной литературы

1. **Андрейчин М. А.** Класифікація інфекційних і паразитарних хвороб – Тернопіль: Укрмедкнига, 2002. – 144 с.
2. **Балашов Ю. С.** Паразито-хозяйственные отношения членистоногих с наземными позвоночными. – Л.: Наука, 1982. – 320 с.
3. **Беклемышев В. Н.** Возбудители болезней как члены биоценозов// Зоологический журнал. – 1956. – № 35 (12). – С. 1765–1779.
4. **Беляков В. Д.** Проблема саморегуляции паразитарных систем и механизм развития эпидемиологического процесса// Микробиология. – 1983. – № 5. – С. 3–9.
5. **Бухарин О. В.** Патогенные бактерии в природных экосистемах. – Екатеринбург: ЕРА, 1997. – 211 с.
6. **Ежегодник ФАО/ВОЗ/МЭБ** по болезням животных за 2009 год. – Париж, WHO, 2009. – 211 с.
7. **Коренберг Э. И.** Экология и эпизоотология// Микробиология. – 1989. – №10. – С. 40–43.
8. **Литвин В. Ю.** Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. – М.: Фармарус-Принт, 1998. – 256 с.
9. **Литвин В. Ю., Гинцбург А. Л.** Интегративные процессы в современной эпидемиологии//ЖМЭИ. – 2002. – № 4. – С. 63–72.
10. **Наконечний І.** Епізоотичні та епідемічні аспекти природно-осередкових інфекцій з точки зору системних позицій//Ветеринарна медицина України. – 2007. – № 1. – С. 8–10.
11. **Наконечний І. В.** Структурно-функціональна організація паразитоцено-тичних угруповань екосистем Південно-Західного Причорномор'я: Дис. доктора биол. наук: спец. 03.00.16. – Київ: Український Інститут агроєкології, 2010. – 409 с.

12. **Отчет ВОЗ** по зоонозам//Доклад комитета экспертов ВОЗ/Серия технических докладов ВОЗ. – Женева: 2009. – № 461. – 310 с.

13. **Черкасский Б. Л.** Методологические основы социально-экологической концепции эпидемического процесса// Эпидемический процесс как социально-экологическая система. Отв. ред. Е. И. Коренберг. – М.: МГУ, 1986. – С. 8-37.

14. **Шварц Е. А.** Сохранение биоразнообразия: сообщества и экосистемы. – М.: Эколит, 2004. – 112 с.

15. **Экологические системы.** Адаптивная оценка и управление/Под ред. К. С. Холинга. – М.: Мир, 1981. – 396 с.

## Ecological base of structural-functional organization of human and animals parasitic system

*Nakonechny I. V. V. A. Sukhomlinsky's Nikolaev National University. Ul. Nickolskaya, 24, Nikolaev, 54030, Ukraine.*

According to modern data analysis on structure, activity and dynamics of human and animals parasitic system they provide realization of the fundamental ecosystem's feature-ability to self-repair and energetic autoregulation on the all levels. Parasitic complexes and infection causative agents as their components are obligatory elements of every biocoenocic group, providing their integral regulation and coherent functioning within biocoenosis and ecosystems.

Key words: «parasite-host» interspecies interactions; ecosystem organization, parasitocoetotic communities.