

УДК 576.89 : 57.011

**ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ПАРАЗИТАРНЫХ СИСТЕМ  
(МЕХАНИЗМЫ САМОРЕГУЛЯЦИИ)<sup>1</sup>**

**В. Д. Беляков**

В статье обсуждается определение понятия «паразитарная система» и дается вариант классификации паразитарных систем. Рассмотрены механизмы саморегуляции паразитарных систем, которые сводятся к четырем общим положениям: 1) генотипическая и фенотипическая гетерогенность (неоднородность) популяций паразита и хозяина по признакам отношения друг к другу; 2) динамическая изменчивость взаимодействующих популяций; 3) фазность развития паразитов в процессе функционирования паразитарных систем; 4) регулирующая роль условий (социальных и природных факторов) в фазовых изменениях паразитарных систем.

Свойства паразитарной системы, как популяции паразита во взаимодействии с естественной средой обитания, выводятся из свойств составляющих ее компонентов (популяции паразита и среды обитания) и системообразующих связей — взаимодействия этих компонентов. Что касается паразитизма, то в настоящее время общепризнанным является экологическое определение этого понятия, как формы межвидовых отношений, характеризующейся односторонним использованием одним организмом другого в качестве источника пищи и среды обитания. В табл. 1 представлены систематические группы (высшие таксоны) живых существ, среди которых хорошо известны и широко изучаются паразиты как возбудители болезней человека, животных и растений. Отражена и исторически сложившаяся терминология в определении их взаимодействия с организмом хозяина. До сих пор нет общего термина для обозначения инфекций, микозов, инвазий и инфестаций. Наиболее приемлемым является термин «паразитозы». К сожалению, он не получил пока общего признания.

Т а б л и ц а 1

Систематические группы паразитов и исторически сложившаяся терминология в определении их взаимодействия с организмом хозяина

Таксоны паразитов		Взаимодействие с организмом хозяина
царства	группы	
Вирусы Прокариоты	Вирусы Микоплазмы Хламидии Риккетсии Бактерии Спирохеты	Инфекции
Эукариоты	Грибы Простейшие Гельминты Членистоногие	Микозы Инвазии Инфестации

<sup>1</sup> Доклад на совместной научной сессии отделений АН СССР, ВАСХНИЛ и АМН СССР «Пути развития паразитологии в СССР» 28 V 1985.

Традиционно паразитология является наукой о паразитических животных (простейших и гельминтах), поскольку термин «паразитизм» был введен еще в добактериологическую эру применительно именно к этим организмам. Сейчас дискутируется вопрос о целесообразности включения в среду интересов паразитологии (в узком смысле слова) всех эукариотов, включая и грибы. Учение о вирусах и прокариотах (а также грибах) исторически развивалось относительно изолированно в интересах медицины, ветеринарии и фитопатологии. В результате сформировалось множество наук, изучающих паразитов как разной организации, так и на разных уровнях их связей со средой обитания.

Компонентами естественной среды обитания популяций паразитов являются популяции специфических хозяев и переносчиков (промежуточных хозяев), а также специфические абиотические факторы передачи. В жизненном цикле паразитов обязательно имеются две фазы: фаза пребывания (питания, размножения) в организме хозяина и фаза смены хозяина. Смена хозяина паразитом происходит при участии других живых организмов (членистоногих и пр.), а также тех или иных абиотических факторов внешней среды. Специфичность хозяина паразитов, включая и переносчиков, определяется тем, что реакции этих хозяев (в том числе и патологические) на внедрение паразитов имеют для последних адаптивное (жизненно необходимое) значение. Абиотические факторы внешней среды являются специфическими для паразита в том случае, если именно они обеспечивают реализацию механизма передачи и тем самым существование паразита как биологического вида. Соответственно понятие естественной среды обитания является собирательным понятием. Наряду с этим для отдельных видов паразитов и их групп существует понятие главной (основной) среды обитания в организмах отдельных представителей живых существ (хозяев). С этой точки зрения с учетом прикладного значения паразитизма можно выделить три обобщенные главные среды обитания паразитов: организм человека, животных и растений. Им соответствуют три типа проявлений паразитарных систем: эпидемический процесс, эпизоотический процесс и эпифитотический процесс (табл. 2).

Т а б л и ц а 2  
Проявления паразитарных систем  
в зависимости от хозяина паразита

Основная среда обитания паразита (хозяин)	Проявления паразитарных систем (процесс)	Науки, изучающие функционирование паразитарных систем
Человек Животные Растения	Эпидемический Эпизоотический Эпифитотический	Эпидемиология Эпизоотология Эпифитология

Паразитологию в широком смысле слова можно определить как науку, изучающую паразитов всех систематических групп и их взаимодействие с различными средами обитания на разных уровнях организации живого (табл. 3). Наиболее очевидным является взаимодействие микропопуляций паразита с организмом хозяина. Организменный уровень взаимодействия иногда называют системой «паразит—хозяин». Изучение этого уровня взаимодействия характерно для клинических медицинских, ветеринарных и фитопатологических наук. Суборганизменные уровни взаимодействия изучаются различными науками, которые нередко называют теоретическими науками. Надорганизменные уровни взаимодействия изучают науки, решающие проблемы профилактики в медицине (эпидемиология), ветеринарии (эпизоотология) и фитопатологии (эпифитология).

Каждая из наук, изучающих те или иные стороны жизнедеятельности паразитов и особенности их взаимодействия со средой обитания, вскрывают специфические свойства или закономерности конкретного предмета исследования. Наряду с этим можно говорить об общих закономерностях функционирования паразитарных систем. Эти общие закономерности выявляются при анализе общих

механизмов их саморегуляции. Вскрытые нами механизмы саморегуляции эпидемического процесса позволяют сформулировать общие закономерности функционирования паразитарных систем. Основные исходные положения, определяющие механизм саморегуляции паразитарных систем, являются следующие:

- 1) генотипическая и фенотипическая гетерогенность (неоднородность) популяций паразита и хозяина по признакам отношения друг к другу;
- 2) динамическая изменчивость взаимодействующих популяций;
- 3) фазность развития паразита в процессе функционирования паразитарных систем;
- 4) регулирующая роль условий (социальных и природных факторов) в фазовых изменениях паразитарных систем.

Среди множества признаков, характеризующих разнообразие популяций паразита и хозяина, приспособительное значение имеют признаки, отражающие

Т а б л и ц а 3  
Уровни изучения паразитов, систем «паразит—хозяин»  
и паразитарных систем  
(взаимосвязь паразитологии с другими науками)

Уровни организации	Представители наук
Суборганизменные	Биохимия
Субклеточный	Генетика
Клеточный	Биофизика
Тканевой	Гистология
Органный	Патанатомия
Системы органов	Патфизиология
Организменный	Клинические науки
Надорганизменные	Паразитология
Популяционный	Эпидемиология
Биоценотический	Эпизоотология
Биосферный	Эпифитология

отношение паразита к хозяину (вирулентность) и хозяина к паразиту (восприимчивость). Распределение различающихся особей в популяции паразита чаще приближается к нормальному. Распределение особей популяции хозяина по отдельным признакам отношения к паразиту может не укладываться в кривую нормального распределения. Поэтому говорят о перерасеянном распределении паразитов в популяции хозяина, когда основная их часть сконцентрирована в небольшой доле особей популяции хозяина. А распределение людей по признаку часто и редко болеющих в связи с жизнедеятельностью отдельных паразитов нередко приближается к отрицательному биномиальному.

Конкретный диапазон гетерогенности популяций паразита и хозяина по каждому из анализируемых признаков неодинаков в пространстве и времени, но эти различия не выходят за пределы верхней и нижней границ разнообразия, записанного в генофонде популяций (видов).

Генотипическая и фенотипическая неоднородность популяций хозяина по степени восприимчивости к паразитам, определяющая неодинаковые условия их жизнедеятельности в организме отдельных индивидуумов, создает разнообразие среды обитания этих паразитов. Генотипическая и фенотипическая неоднородность популяций паразитов — приспособительный признак, обеспечивающий существование паразитов в разнообразных условиях среды обитания. В целом генотипическая и фенотипическая гетерогенность популяций паразита и хозяина — материальная основа эволюционно сформировавшейся саморегуляции паразитарных систем. Изменения ряда параметров гетерогенности популяций хозяина, в пределах которых возможна циркуляция популяций паразита, происходит независимо от последнего. Изменение гетерогенности популяций хозяина по признаку иммунитета происходит под воздействием циркуляции паразита. Циклически повторяющиеся в результате этого изменения среды оби-

Т а б л и ц а 4

Характеристика фазовых изменений популяций паразита (на примере эпидемического процесса)

Фаза	Среда обитания	Соответствие среде обитания	Диапазон гетерогенности	Отбор	Доминирующий вариант	Плотность популяции	Заболеваемость населения
Резервации	Иммунные организмы хозяина и внешняя среда	Да	Узкий (относительная гомогенность)	Стабилизирующий	Мало (не) вирулентный	Низкая	Отсутствует или низкая
Становление эпидемического варианта	Изменение: начинается через восприимчивые особи	Нет	Широкий (генерация гетерогенности)	Направленный	Маловирулентный + вирулентный	Увеличивающаяся (дифференциальное выживание)	Низкая
Эпидемическое распространение	Восприимчивые организмы	Да	Узкий (относительная гомогенность)	Стабилизирующий	Высоковирулентный	Высокая	Нарастает (подъем кривой эпидемии)
Становление резервационного варианта	Изменение: начинается через иммунные особи	Нет	Широкий (генерация гетерогенности)	Направленный	Вирулентный + мало вирулентный	Уменьшающаяся (дифференциальная гибель)	Вершина эпидемии и последующий спад

тания паразита определяют фазность его развития в процессе функционирования паразитарных систем.

В табл. 4 показаны качественные и количественные преобразования популяции паразита на примере фазового развития эпидемического процесса (рис. 1).

В фазу резервации возбудитель—паразит сохраняется в организме отдельных индивидуумов хозяина со своеобразием иммунологического гомеостаза. Только при наличии таких индивидуумов в гетерогенной популяции хозяина может быть обеспечено существование паразита как биологического вида. Прослойка носителей каждого вида паразита в эту фазу индивидуальна и более или менее стандартна, причем в гетерогенной популяции людей носительство разных паразитов чаще всего не перекрещивается. Таким образом, экологическая ниша каждого конкретного паразита определяется не только его тропностью к определенным органам и тканям хозяина, но и приуроченностью к определенным особям гетерогенной популяции хозяина. Это облегчает существование многих паразитических видов в популяции одного вида хозяина. В фазу резервации паразита благодаря стабилизирующему отбору его популяция относительно гомогенна за счет преобладания мало (или не)вирулентных вариантов. Состояние популяции соответствует среде обитания: в иммунных организмах сохраняется мало (или не)вирулентные варианты возбудителя. Количественный состав популяции паразита в фазу резервации наименьший. Заболевания, как правило, отсутствуют.

Сохранение возбудителя как биологического вида фаза резервации обеспечить не может, поскольку жизнь индивидуального хозяина всегда ограничена. Поэтому в процессе эволюции выработана способность к становлению эпидемического варианта паразита при закономерно наступающем изменении иммунологической структуры популяции хозяина в цепи циркуляции паразита. Эволю-

ционно это изменение иммунологической структуры популяции хозяина происходило за счет смены поколений (вертикальное перемешивание). Социальные влияния постепенно определяют процессы горизонтального перемешивания. Становление эпидемического варианта возбудителя начинается с генерации гетерогенности популяции паразита как закономерной реакции на несоответствие среде обитания. В результате расширяется диапазон гетерогенности популяции паразита за счет циркуляции как мало вирулентных, так и вирулентных вариантов. Действует направленный отбор, определяющий постепенное накопление соответствующих среде обитания вирулентных вариантов (дифференциальное выживание). Становление эпидемического варианта паразита происходит без видимых изменений в проявлениях эпидемического процесса. Эту фазу можно уловить по иммунологическим сдвигам в отдельных организмах хозяина.

Появление заболеваний и их нарастание свидетельствует о циркуляции эпидемического варианта возбудителя. В этой фазе среда обитания соответствует

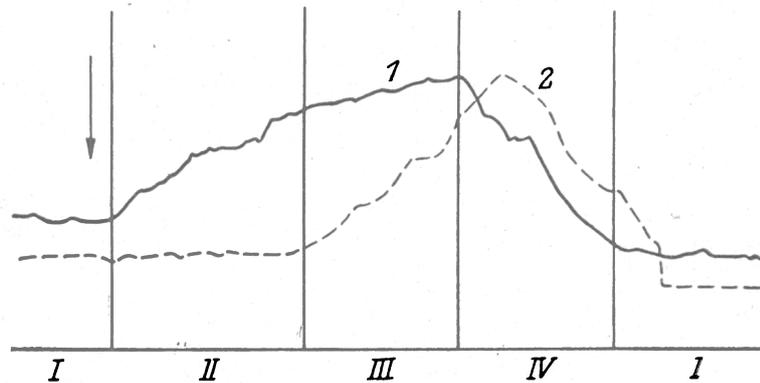


Рис. 1. Принципиальная схема фазовых изменений популяции паразита в процессе функционирования паразитарной системы (на примере эпидемического процесса).

1 — изменение качественной (вирулентность) и количественной (плотность популяции) характеристик популяции паразита; 2 — заболеваемость; стрелка — начало внешних влияний, изменяющих среду обитания паразита (увеличение восприимчивых лиц в цепи циркуляции возбудителя). I — фаза резервации; II — фаза становления эпидемического варианта; III — фаза распространения эпидемического варианта; IV — фаза становления резервационного варианта.

качеству популяции паразита. Стабилизирующий отбор сузил диапазон гетерогенности за счет преобладания высоко вирулентных вариантов. Плотность популяции в благоприятных условиях среды обитания нарастает.

Фаза эпидемического распространения паразита способствует захвату энергетических ресурсов среды обитания. Но она, как и фаза резервации, не может обеспечить существование паразита как биологического вида, поскольку бесконечное ее продолжение грозит истощением энергетических ресурсов среды обитания и самоуничтожению вида. Поэтому уже в ходе эпидемии начинается становление резервационного варианта, проходящее стадии генерации гетерогенности в несоответствующей среде обитания (появившиеся иммунные организмы) и последующей относительной гомогенизации за счет направленного отбора при все возрастающей иммунной прослойке. Общая численность особей в популяции постепенно уменьшается (дифференциальная гибель). В эпидемическом процессе это проявляется постепенным снижением заболеваемости от пика эпидемии до полного прекращения заболеваний.

Упорядоченность изменений в паразитарной системе определяется процессами управления. В биосистемах выделяют активный и пассивный прямой и косвенный типы управления. На популяционном и биоценоотическом уровнях организации жизни нет специальных активных механизмов управления. Управление в паразитарных системах осуществляется пассивно. Из предусмотренных программой гетерогенных популяций паразита отбираются наиболее соответствующие среде обитания особи (клоны). Сама среда обитания претерпевает постоянные изменения, независимые от функционирования паразитарной си-

стемы (косвенное управление) и в связи с ее функционированием (прямое управление).

В поведении паразитарных популяций в современной науке доминирует ориентация на косвенные механизмы управления, т. е. селекцию без направленного регулирования их изменчивости.

Однако последние данные молекулярной генетики свидетельствуют о возможном наличии и прямых механизмов «узнавания» среды обитания и «самоузнавания» состояния популяции, что и определяет адекватные сдвиги.

Равновесность неравновесной системы достигается отрицательными обратными связями в механизмах управления. Положительные обратные связи усиливают наличное состояние популяций паразита и ведут в конечном счете к разрушению системы. В паразитарной системе переключение гетерогенности популяций паразита от относительной гомогенности к генерации гетерогенности и обратно обеспечивается отрицательными обратными связями.

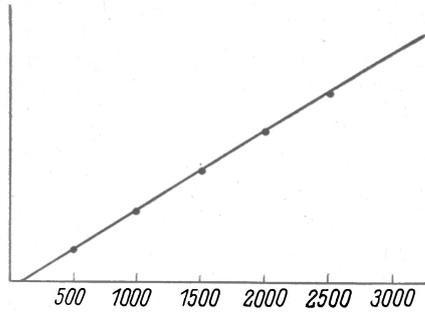


Рис. 2. Уровень заболеваемости стрептококковой ангиной при различной численности вновь прибывших в коллективы людей (при усредненных прочих условиях).

По оси ординат — уровень заболеваемости; по оси абсцисс — численность вновь прибывших лиц.

Понимание общих механизмов функционирования паразитарных систем ориентирует эпидемиологию, эпизоотологию и эпифитологию на проведение таких профилактических мероприятий, которые препятствуют развитию эпидемического (эпизоотического, эпифитотического) варианта возбудителя. Вакцинация теплокровных хозяев является наиболее действенным мероприятием в этом отношении. При отсутствии средств вакцинации требуется заблаговременное выявление наступающих изменений в среде обитания паразита и такое упреждающее воздействие, которое имеет профилактический эффект. Чаще

всего — это проведение мероприятий по предупреждению активизации механизма передачи паразита. При усредненной активности механизма передачи паразита вирулентный потенциал паразита нарастает пропорционально численности хозяев (формирующихся групп людей или стад животных). Количественное выражение вирулентного потенциала возбудителя-паразита через показатели заболеваемости достаточно отчетливо показано на примере становления эпидемического варианта стрептококка в условиях формирования коллективов разной численности. На рис. 2 показано, что необходимым условием становления эпидемического варианта стрептококка является наличие определенного минимума восприимчивых хозяев, формирующегося за счет вновь прибывших в коллектив людей. Заболеваемость появляется лишь при численности новых контингентов более 100 человек и прогрессивно возрастает при увеличении этой прослойки людей. Таким путем открываются перспективы управления эпидемическим (эпизоотическим) процессом на количественной основе.

#### Л и т е р а т у р а

- Б е л я к о в В. Д. Проблема саморегуляции паразитарных систем и механизм развития эпидемического процесса. — Вестн. АМН СССР, 1983, № 5, с. 3—9.  
Б е л я к о в В. Д., К а м и н с к и й Г. Д., К а м и н с к а я С. Г. Гипотеза направленной самоперестройки популяций микроорганизмов и ее общебиологическое значение. — Журн. микробиол., 1985, № 1, с. 98—106.

Первый московский медицинский институт  
им. И. М. Сеченова

Поступила 16 VII 1985

GENERAL REGULARITIES OF FUNCTIONING OF PARASITIC SYSTEMS  
(MECHANISMS OF SELFREGULATION)

V. D. Beliakov

S U M M A R Y

Parasitic system is determined as a parasite's population in interaction with its natural habitat (host's population). Epidemiology, epizootiology and epiphytology as well as virology, microbiology, protozoology and helminthology study applied aspects of parasitic systems. The latter are characterized by four general principals determining selfregulation mechanisms of these systems: heterogeneity of interacting populations, their dynamic variability, phase functioning, dependence on conditions.

---