

Рецензия на монографию А. В. Олескина, Б. А. Шендерова, В. С. Роговского «Социальность микроорганизмов и взаимоотношения в системе микробиота-хозяин. Роль нейромедиаторов».
Издательство Московского университета 2020; 286, 16 илл.

Review of the monograph A. V. Oleskin, B. A. Shenderov, V. S. Rogovsky «The sociality of microorganisms and relationships in the microbiota-host system. The role of neurotransmitters».
Moscow University Publishing House 2020; 286, 16 ill.

Рецензируемая монография представляет собой научный труд, подготовленный профессорами Олескиным Александром Владимировичем и Шендеровым Борисом Аркадьевичем, а также к. м. н. Роговским Владимиром Станиславовичем.

В книге рассматриваются общие черты социальных систем на различных организационно-эволюционных уровнях. Авторы подчёркивают, что они не ставят прямой знак равенства между бактериальными социальными системами и системами высших организмов. Однако оба вида социальных систем рассматриваются в рамках унитарного этологического подхода.

Микробные взаимодействия между микробными клетками и между микробами и организмом хозяина связаны с продукцией биологически ценных пробиотических препаратов и укреплением физического и психического здоровья человека. Эта область исследований игнорировалась вплоть до самого конца XX века. В данной монографии микроорганизмы интерпретируются как способные к коммуникации живые организмы с достаточно развитой социальной организацией, наиболее ярко проявляющейся в создании спаянных межклеточным биополимерным матриксом биоплёнок. Микробиота заселяет всевозможные ниши организма-хозяина и в особенности желудочно-кишечный тракт.

Исследования популяционной организации и межклеточной коммуникации у микроорганизмов помогают наладить диалог микробиологии с цитологией и этологией и допускать плодотворное применение в медицине и фармакологии.

Книга содержит 4 главы.

Первая глава посвящена классификации микробных типов социального поведения с этологической точки зрения на антагонистическое и лояльное поведение и подразделению этих двух основных типов на подтипы, такие как агрессия, избегание, принадлежность и сотрудничество (включая его бактериальную вариацию, называемую «роением»). В этой же главе рассматриваются стратегии передачи регуляторных сигналов, включая постоянную и дистанционную связь, и соответствующие механизмы. Большое внимание уделяется последним данным о структуре сигнальных агентов с точки зрения процессов, зависящих от плотности популяции. Коммуникационные сигналы микроорганизмов, включая и «quorum sensing» — феромоны, играют весьма важную роль не только в «общении» микробных клеток, но и в диалоге между ними и организмом-хозяином. Особый интерес представ-

ляет раздел, посвящённый бактериальной матрице. Впервые обобщена и систематизирована информация о структуре этого уникального микробного сообщества. Раздел 1.4 посвящён аналогичным особенностям микробных биосоциальных систем и многоклеточных организмов. Однако авторы прямо не задаются вопросом, почему прокариоты никогда не формировали истинные многоклеточные организмы в течение 1,5 млрд лет, в течение которых они были единственными формами жизни на Земле.

Ещё одно важное сравнение проводится между бактериальной колонией и нервной системой. Это позволяет авторам обратиться к основной теме работы: микробной продукции соединений, выполняющих нейрорхимические функции в высших организмах, их роли в поддержании целостности суперорганизма хозяина-микробиоты и способности микробиоты влиять на поведение человека через синтез этих регуляторных соединений. Системе «хозяин-микробиота» уже более века уделяется большое внимание. Об этом свидетельствует стремительный рост числа соответствующих публикаций, в том числе научно-популярных. Однако, несмотря на то что путь был проложен другими учёными, авторам рецензируемой книги удалось представить основную информацию в сжатой, простой и интересной форме. Именно это и должно помочь целевой аудитории, в том числе студентам и молодым учёным, сформировать экологическое мировоззрение. Наши современные знания о химической связи бактерий и других организмов ограничены набором избранных биологически активных веществ; их число постепенно увеличивается, но всё ещё довольно ограничено. Тем не менее, все виды взаимодействия организма с окружающей средой можно рассматривать как коммуникативные сигналы, посылаемые другим организмам. Выделяя различные низкомолекулярные сигнальные вещества и в то же время специфически реагируя на «хозяйские» сигналы, микроорганизмы постоянно взаимодействуют с нервной системой (включая головной мозг) и иммунной системой организма-хозяина, и этот постоянный диалог может как стабилизировать его соматическое и психическое состояние здоровья, так и вести к его серьёзным нарушениям. Примером таких сигналов являются звуковые волны, потоки жидкости, излучение или отражение света в различных диапазонах длин волн, включая инфракрасные и ультрафиолетовые волны, генерация электрических импульсов и тактильные взаимодействия. Поэтому неудивительно, что все метаболиты, продуцируемые

бактериями, представляют собой коммуникативные сигналы. Именно производя такие метаболиты, бактерии сообщают окружающим о своем присутствии, местоположении, количестве клеток, намерениях, метаболическом состоянии и стадии развития каждой клетки и всей популяции. Каждый метаболит — это «слово» в сообщении, посылаемом другим организмам. Однако эволюционные траектории различных видов бактерий, а тем более высших организмов, расходились; «словарь» разнообразных форм жизни увеличивался и совершенствовался. В результате в современном мире существует большое количество различных диалектов. «Заимствованные слова» из бактериальных языков приобрели новые значения, и, наконец, некоторые основные метаболиты стали использоваться в качестве гормонов и нейромедиаторов. Именно эти метаболиты имеют первостепенное значение с точки зрения эволюции систем регуляции и коммуникации в природе, и авторы уделяют им особое внимание в *главе III*.

Кишечная микробиота, перерабатывая эндогенные источники, возвращает все необходимые компоненты. Именно благодаря этой ежедневной рециркуляции частично или полностью покрывается хронический дефицит многих важнейших нутриентов. До 500 г пищевых и эндогенных субстратов ежедневно подвергаются микробной метаболизации в пищеварительном тракте человека. Представители комменсальной и симбиотической микробиоты продуцируют более двух десятков только различных антимикробных субстанций, способных расщеплять многие растительные компоненты, поступающие с пищей (полифенолы, полисахариды, олигосахариды и т. д.) до биологически активных молекул, которые активно участвуют в различных функциях и реакциях человека, обеспечивая организм хозяина витаминами, короткоцепочечными жирными кислотами, а также пептидами, биогенными аминами и аминокислотами, многие из которых являются нейромедиаторами или участвуют в их синтезе.

Психическое состояние организма, особенно при стрессе, оказывает длительное влияние на кишечную микробиоту. Стресс увеличивает проницаемость кишечника и модулирует рост как непатогенных, так и патогенных бактерий через эффекты дофамина, адреналина и норадреналина, продуцируемые хозяином. Важно, что адреналин и норадреналин также модулируют экспрессию генов бактериальной вирулентности. Нормализации существенного для человеческого организма взаимодействия по оси мозг–кишечник–микробиота способствуют полезные микроорганизмы — пробиотики, включая психобиотики, прямо влияющие на психику и поведение человека. В списке эволюционно-консервативных сигналов, которыми обменивается микробиота и организм-хозяин, немаловажную роль играют нейроактивные соединения (нейромедиа-

торы). Участие симбиотической и оппортунистической микробиоты в многочисленных физиологических функциях, биохимических, иммунных и поведенческих реакциях осуществляется за счёт множества подобных соединений (пептиды, аминокислоты, биогенные амины, летучие жирные кислоты, газовые субстанции и др.). Кишечный микробиом является ключевым компонентом этой оси. Кишечные бактерии могут связываться с мозгом различными путями, включая гипоталамо — гипофизарно — надпочечниковую ось, иммунную модуляцию, метаболизм триптофана и выработку различных нейроактивных соединений. Эти метаболиты также представляют собой потенциально ценные микробные продукты с точки зрения биомедицины, о чем речь пойдёт в *четвёртой главе книги*.

Авторы достаточно компетентны в этой обширной области исследований, поскольку в течение нескольких десятилетий участвовали в разработке ряда пробиотических препаратов, таких как Мутафлор, Актифлор, которые эффективны в терапии, являются альтернативой антибиотикам при существующей в медицине проблеме полирезистентности возбудителей опасных инфекций. Исследования популяционной организации и межклеточной коммуникации у микроорганизмов помогают наладить диалог микробиологии с цитологией и этологией и допускают плодотворное применение в медицине и фармакологии.

Данный научный труд представляет собой превосходную монографию и современный энциклопедический словарь, лаконично представляющий весь объем знаний по соответствующим областям исследований и может быть рекомендована как учебное пособие для студентов биологических и медицинских специальностей.

Книга издана в 2020 г. в издательстве Московского университета тиражом 300 экземпляров, изложена на 286 страницах, иллюстрирована 16 рисунками.

Рецензируемая монография по своей актуальности, детальности является впечатляющей и своевременной. Как справедливо подтверждают соавторы, большая заслуга издания этого фундаментального труда принадлежит профессору Борису Аркадьевичу Шендерову. Благодаря его энергии, настойчивости, организационному таланту и трудолюбию этот актуальный и очень нужный труд увидел свет.

С прискорбием сообщаем о безвременной кончине соавтора этой книги профессора Шендерова Бориса Аркадьевича — известного учёного с мировым именем в области клинической и молекулярной экологии, с энциклопедическим кругозором, очень доброжелательного человека, всегда готового поделиться своими знаниями в осмыслении научных задач, оказать помощь в научном познании и реализации полученных результатов исследований.

Автор рецензии

Стоянова Лидия Григорьевна — д. б. н., ведущий научный сотрудник кафедры микробиологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», Москва, Российская Федерация

About the author

Lidia G. Stoyanova — D. Sc. in biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation