

Олескин Александр Владимирович — доктор биологических наук, профессор кафедры общей экологии и гидробиологии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор МГМСУ, член Сретенского клуба.

Курдюмов Владимир Сергеевич — директор Центра междисциплинарных исследований Института экономических стратегий, координатор Сретенского клуба.

Alexander V. Oleskin — Lomonosov Moscow State University.

Vladimir S. Kurdyumov — Institute for Economic Strategies.

Клеточная парадигма сетевой организации: значение для современного социума

Настоящая работа продолжает цикл статей, посвященных проблематике сетевых структур как многовариантных по организации междисциплинарных феноменов, которые применимы для решения многих задач социума в нашем информационном, цифровом XXI в. и в то же время опробованы живой природой в виде многообразия организационных ва-

риантов, укладываемых по крайней мере в восемь различных сетевых парадигм. Данная статья посвящена детальной характеристике одной из биологических парадигм сетевой организации, а именно клеточной парадигме, характерной для свободно живущих одноклеточных существ (микрорганизмов) и клеток различных тканей и органов животных и растений. Так, бактерии часто

УДК 316.42

DOI: 10.33917/es-6.172.2020.68-77

Микроорганизмы и культивируемые клетки тканей человека и животных формируют сложные биосоциальные структуры (колонии, биопленки, флоры, гранулы и др.) и способны к эффективной коммуникации и координации поведения в отсутствие единого управляющего центра. Децентрализованная (плоская) сетевая организация клеточных биосоциальных структур обусловлена наличием локальных информационных контактов между клетками, сигнального поля, создаваемого дистантными системами коммуникации (включая *quorum sensing*-системы) и спланированным клетками единым для сетевой структуры биополимерным матриксом.

Подобные клеточные децентрализованные сетевые структуры образуются и в организме человека, в особенности в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ). Клеточные биосоциальные структуры ЖКТ вступают в сложное сетевое взаимодействие с организмом хозяина, который представляет собой комплекс сетевых и иерархических структур, включающий головной мозг, периферическую нервную систему, иммунную и эндокринную системы. Сетевое взаимодействие в системе «микробиота — хозяин» может носить как конструктивный, так и деструктивный, подрывающий физическое и психическое здоровье характер, что во многом обусловлено потенциально вредоносными свойствами децентрализованных сетевых структур.

Коммуникация между микробными клетками и организмом хозяина протекает при участии нейромедиаторов — химических соединений, одной из функций которых является передача импульсов между клетками нервной системы.

В заключительной части работы клеточная сетевая парадигма рассматривается как основа для организационных технологий по созданию эффективно действующих неиерархических творческих групп, цементированных единым полем ценностей и целевых задач (матриксом).

Ключевые слова

Сетевая организация, клеточная парадигма, микробиота, социум, биосоциальная структура, децентрализованная сетевая структура.



формируют надклеточные структуры — компактные колонии на поверхности или в объеме плотных питательных сред, поверхностные биопленки, а также суспензии и локальные агрегаты клеток в жидкой среде — микроколонию, флоры и более крупные формации, например миллиметровые гранулы, формируемые метанобразующей ассоциацией микроорганизмов.

Иерархии и сети в социальных структурах одноклеточных организмов

Какова характерная организация подобных клеточных (в частности, микробных) структур? Одной из опций, реализуемых различными биосистемами, является, конечно, иерархия. В этом случае в биосоциальных системах присутствуют

Cellular Paradigm of Network Organization: Implications for Present-Day Society

Microorganisms and cultivated cells from human or animal tissues form complex network structures (colonies, biofilms, flocs, granules, etc.) that are characterized by efficient communication and behavior coordination in the absence of a central pace-maker. The decentralized (flat) network organization of such structures is due to the functioning of (a) information-transmitting intercellular contacts, (b) a signal field created by distant communication systems, including the quorum-sensing system; and (c) a biopolymer matrix that cements the cells of the whole network structure.

Microbial network structures exist in the human organism, especially in the gastro-intestinal (GI) tract. The cellular networks engage in complex interaction with the host organism. The organism represents a complex combination of hierarchical structures and decentralized networks and includes the brain, the peripheral nervous system, the immune system, and the endocrine system. The interaction between the microbiota and the host may produce both positive and negative effects on the host's physical and mental health, because decentralized networks are known to possess not only useful but also potentially harmful properties. Communication between microbial cells and the host organism involves neurochemicals, i.e., chemical compounds, whose functions include impulse transmission between nervous cells.

In the final section, the cellular paradigm of network organization is envisaged as the conceptual basis of organizational technology aimed at creating efficient non-hierarchical creative teams that are cemented by common values and goals (the network matrix).

Keywords

Network organization, cellular paradigm, microbiota, society, biosocial structure, decentralized network structure.

лидеры, контролирующие поведение других индивидов. Иерархия может быть жесткой или мягкой, возможно наличие одного или нескольких лидеров (расщепленная иерархия).

В ряде случаев иерархические отношения доминирования-подчинения почти не выражены, и тогда система обозначается как горизонтальная, или эгалитарная. В человеческом социуме к эгалитарным системам близки имеющие высокий социальный и политический потенциал в современных условиях сетевые структуры, где сосуществует много частичных лидеров с ограниченными правами и сферами компетенции. Предпочитают ли клеточные структуры иерархическую или сетевую организацию?

В мире одноклеточных также существуют примеры иерархий. В культуре клеток эпителия животного выделяются лидерные клетки, которые обгоняют соседние клетки при росте клеточно-го пласта, но не теряют контакта с ними [1].

В популяциях голодающих бактерий (например, кишечная палочка *E. coli*) клетки дифференцируются на две функциональные подгруппы [2]: 1) гибнущие клетки, претерпевающие автолиз, и 2) активно растущие клетки, утилизирующие продукты автолиза.

Однако в целом среди одноклеточных организмов, в особенности среди прокариот, более распространен децентрализованный сетевой сценарий биосоциальной организации. При этом отсутствие единого управляющего центра не препятствует эффективной координации социального поведения у микробных биосоциальных систем. С системной точки зрения интересно и то, что у микроорганизмов имеются сетевые структуры нескольких уровней — сети отличаются ярко выраженной фрактальной организацией.

Так, микробная колония состоит не из отдельных клеток, а из их компактных групп (микроколоний), каждая из которых представляет собой меньшую сеть, состоящую из десятков или сотен клеток. Клетки внутри такой микроколонии ведут себя координированно, например у высокоподвижных бактерий рода *Proteus* они синхронно перемещаются по поверхности питательной среды. Джеймс Шапиро [3] отмечал факт координированного перемещения по поверхности питательной среды агрегированных групп подвижных бактериальных клеток — плотов (*rafts*). Если одна из клеток плота случайно выдвигается впе-

ред относительно остальных клеток, она останавливается и не двигается до тех пор, пока с ней не поравняются остальные клетки.

Более высокий уровень формирования децентрализованных структур — сети межвидовых взаимодействий во всякого рода микробных сообществах (ассоциациях) или же смешанных биоценозах с представителями разных царств и империй живого, где часто невозможно выделить главное (доминирующее) звено. Таковы сети, формируемые несколькими (или многими) кооперирующимися микробными видами по механизму «перекрестного питания» (*cross-feeding*): продукт одних видов в сети служит субстратом для других видов.

В микробном мире есть и примеры не субстратного, а регуляторного сетевого взаимодействия, когда один из взаимодействующих видов образует продукт, распознаваемый как регуляторный фактор другими видами в сети. Таков межвидовой сигнал AI-2, который участвует в стимулирующем «диалоге» внутри микробного сообщества кишечника человека, включающего как полезные, так и потенциально патогенные микробные виды и штаммы [4].



В отсутствие лидеров координация поведения отдельных клеток в интересах работы всей сети во многом обеспечивается контактами между клетками, которые могут представлять собой цитоплазматические мостики (плазмодесмы) или участки слияния наружных оболочек клеток, а также дистантными (охватывающими всю структуру в целом) химическими коммуникационными сигналами. Их примером является чувство кворума (*quorum sensing*) [5] — «демократический» механизм, обуславливающий координированные действия элементов микробной сетевой структуры. Бактерии в популяции выделяют сигнальное вещество, и когда концентрация этого вещества в окружающей среде достигает порогового значения, все клетки меняют свое поведение (например, начинают активно агрегировать с формированием микроколоний). На молекулярном уровне изменение поведения микробов обеспечивается изменением уровня активности определенных генов в ответ на связывания сигнальных веществ с рецепторами. Матрикс сети выступает как вполне материальная структура из биополимеров (полисахариды, белки, внеклеточные нити ДНК и др.), цементирующая клетки одной колонии, биопленки или ткани [6, 7].

➤ В человеческом социуме к эгалитарным системам близки имеющие высокий социальный и политический потенциал в современных условиях сетевые структуры.

Микробиота как особый «микробный орган» в организме человека

Симбиотические микроорганизмы заселяют всевозможные ниши на поверхности и внутри животного организма. Особенно важную роль играет микробиота кишечника, в первую очередь его густонаселенной микроорганизмами дистальной части (толстой кишки). В организме млекопитающих, включая человека, микробиота выступает как особый экстракорпоральный микробный орган, участвующий прямо или опосредованно практически во всех физиологических функциях, метаболических, поведенческих и сигнальных реакциях макроорганизма.

Как чуткий камертон, микробиота человеческого организма реагирует на изменения его физиологического и даже психологического статуса, в том числе на всевозможные патологические процессы и стресс. Множатся данные и о воздействии диеты и режима питания на качественный и количественный состав микробиоты и, соответственно, ее влияние на желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), иммунную, эндокринную и нервную системы организма хозяина. Достаточно отметить, что обогащение диеты человека медом усиливает рост в ЖКТ полезных лактобацилл и бифидобактерий и в то же время тормозит развитие потенциально болезнетворных микроорганизмов [8].

В свое время И.И. Мечников утверждал, что микробиота ЖКТ не является оптимальной. Микробиота вполне благополучного по здоровью индивида включает и такие микроорганизмы, которые могут ухудшать состояние стресса и даже вызывать инфекционные заболевания. Хорошо известный пример — потенциально болезнетворная бактерия *Helicobacter pylori* активизируется и вызывает язвенную болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, если организм-хозяин находится в состоянии серьезного стресса [9]. Нарушения микробной экологии в ЖКТ, вызванные факторами внешней и внутренней среды организма, означают разбалансировку функ-



ций кишечной микробиоты, что угрожает нарушением гомеостаза ЖКТ и всего организма хозяина.

Сетевое взаимодействие микробиоты и организма человека: конструктивные и деструктивные аспекты

Как уже указывалось в начале статьи, для микробных сообществ, включая, конечно, микробиоту желудочно-кишечного тракта человека, в основном характерна децентрализованная сетевая организация, при которой координация поведения микробных клеток достигается в отсутствие единого управляющего звена (центрального лидера, пейс-мейкера) за счет контактных и дистантных (опосредованных сигнальными молекулами) взаимодействий между клетками. Сетевая структура микробного консорциума, населяющего микроэкологические ниши организма, взаимодействует с самим этим организмом.

В целом, система микробиота — организм хозяина функционирует при комбинированном влиянии [10–12]:

➤ Избыточный рост даже полезных (пробиотических) микроорганизмов может иметь негативные последствия, поскольку это чревато избыточным расходом различных адаптационных ресурсов хозяина.



- иерархических структур, в рамках которых лидирует центральная нервная система (ЦНС), регулирующая деятельность различных органов и тканей. ЦНС генерирует импульсы-команды как собственные (нейромедиаторы и нейрогормоны), так и вырабатываемые контролируемые ею эндокринными железами (собственно гормоны);
- сложного комплекса сетевых структур, включающих два компонента: 1) собственные клетки, формирующие локальные или делокализованные (распределенные в масштабах организма) сети; 2) клетки симбиотических микроорганизмов, населяющих разные экологические ниши в составе организма и в особенности ЖКТ.

Следует еще раз подчеркнуть, что в норме конструктивное взаимодействие микробных сетевых структур с иерархией ЦНС укрепляет телесное и душевное здоровье человека, способствует его адекватному социальному поведению. Так, в составе «первой линии обороны» [13] микробиота ЖКТ взаимодействует с другими составляющими кишечного барьера (слизистой оболочкой, кишечным эпителием, собственной пластинкой слизистой кишечника и т.д.).

Тем не менее, специальные исследования в области модной в наше время науки о сетевых структурах [11, 12] говорят о потенциальных вредных свойствах всяких децентрализованных сетевых структур, которые могут в патологических ситуациях — при дисбиозах — приводить к деструктивному взаимодействию в рамках системы микробиота — организм хозяина. Такое деструктивное взаимодействие связано со следующими свойствами сетевых структур вообще и конкретно сетевого сообщества микроорганизмов ЖКТ [10–12].

1. Сети не признают границ вообще и границ взаимодействующих с ними иерархий в частности; сети активно коммуницируют с «чуждыми» элементами. Микробиота ЖКТ обменивается — «вопреки барьерам» — сигналами с чуждыми или по крайней мере не характерными для нормальной симбиотической микробиоты видами микроорганизмов, включая патогенные бактерии. Феромоны симбиотической микробиоты ротоглотки способны стимулировать рост и вирулентность синегнойной палочки (*Pseudomonas aeruginosa*) [4].

2. Сети имеют тенденцию разрастаться, что наносит ущерб взаимодействующим с ними структурам, в частности иерархическим. Немаловажной задачей является удержание микробных

➤ В норме конструктивное взаимодействие микробных сетевых структур с иерархией ЦНС укрепляет телесное и душевное здоровье человека, способствует его адекватному социальному поведению.

сетевых структур в дозволенных рамках: избыточный рост даже полезных (пробиотических) микроорганизмов может иметь негативные последствия, поскольку это чревато избыточным расходом различных адаптационных ресурсов хозяина.

3. Сети могут не подчиняться ритмам иерархий, тем самым угрожая вызвать своего рода аритмию иерархической структуры. У здоровых людей симбиотическая микробиота участвует в регуляции биоритмов хозяина, во многом задаваемых активностью мозговых водителей этих ритмов; поэтому рассогласование ритмики человеческого организма и его микробиоты может стать предпосылкой расстройств телесного и душевного здоровья человека. В свете нейрохимической активности микроорганизмов (выделения ими веществ, действующих на мозг) становится понятным, почему ритм питания (регулярный или нерегулярный), равно как и характер принимаемой пищи оказывают столь серьезное воздействие на психику и поведение людей.

4. Сетевые структуры часто стремятся перехватить у иерархических структур контрольные и регуляторные функции. В условиях патологии возможна своего рода нетократия (власть сетей), когда деятельность головного мозга подпадает под определяющее влияние микробных сетевых структур и их химических регуляторов. Именно с этим, вероятно, связано участие дисбиозной кишечной микробиоты в развитии ряда нервно-психических расстройств (аутизм, болезнь Туретта, синдром дефицита внимания с гиперактивностью). Не исключено, что даже у психически здоровых людей вкусовые и диетические предпочтения хозяина являются зависимыми от питательных потребностей микробиоты пищеварительного тракта [14].

5. Сетевая структура оказывается более структурно сложной для понимания, чем иерархия. Сложность сетевого организационного дизай-

на затрудняет задачу предотвращения и восстановления нарушений в работе микробных сетей человека. Всякие лекарственные средства или биологически активные пищевые добавки, как правило, оказывают множество разнонаправленных эффектов; поэтому нередко трудно определить, преобладают ли полезные или вредные эффекты при назначении конкретного препарата. С этих позиций становится понятным, насколько труднопредсказуемо действие на организм до настоящего времени широко применяемых антибиотиков. Следует помнить, что вместо сетей, формируемых попавшим в организм патогенным микроорганизмом, при назначении антибиотиков в большей мере могут ингибироваться сетевые структуры симбиотических бактерий, которые часто являются антагонистами возбудителя инфекций. Тем самым антибиотики становятся стимуляторами развития вредоносных сетей, ухудшающих состояние пациента.

Симбиотическая микробиота пищеварительного тракта человека принимает активное участие в регуляции деятельности его нервной системы. В последнее время выявлена способность микробиоты кишечника обмениваться химической информацией с головным мозгом и таким образом влиять на его развитие и функционирование. Это еще более расширило наши знания о многообразных эффектах низкомолекулярных соединений микробного происхождения на организм животных и человека. Взаимодействие микробиоты кишечника с нервной системой пищеварительного тракта и мозгом млекопитающих подтверждено во многих работах [7, 15, 16]. Выдвинута достаточно серьезная гипотеза



➤ Частичное, временное слияние личностей может иметь место при решении задач методом мозгового штурма.

теза о том, что без микробиоты человек не смог бы достичь современного уровня познавательных способностей [17].

Клеточная парадигма сетевой организации: приложимость к децентрализованным сетевым структурам в человеческом обществе

Разумеется, концептуальное применение категории «сетевые структуры» не ограничивается рассмотрением человеческого организма в его неизбежном взаимодействии с сетевыми структурами различных симбиотических микробных сообществ. Не только микробы, но и сами ученые, научные работники, менеджеры, люди иных профессий, в частности занятые в сфере экономики и связанных с ней областях, могут организовывать себя по децентрализованным сетевым сценариям. И поэтому сетевая организация микробных биосоциальных систем интересна не только сама по себе, но и в контексте ее приложимости к креативным сетевым структурам в человеческом обществе.

Аналогом единой биопленки со спланированными индивидуальными клетками контактными и дистантными факторами коммуникации, а также матриксом выступает структура из человеческих индивидов, спаянная едиными идеями, ценностями, нормами поведения, которые в совокупности аналогичны матриксу биопленки. В подобном идейно-ценностном матриксе (или матрице) тонут индивидуальные различия членов сети.

В публицистических статьях выдающегося ученого (микробиолога) С.Н. Виноградского [18] по поводу социалистических общин отмечалось, что «только идея не от мира сего, поработившая чувства и волю индивидов <...> может спаять людские души в одну, лишит их всяких эгоистичных устремлений». Как внешние оболочки бактериальных клеток в биопленке сливаются с формированием матрикса, так в прочно спаянной сети границы между индивидами теряют свою четкость, члены сети становятся психологически похожими друг на друга. Происходит отмеченное в свое время В.В. Налимовым

в рамках трансперсональной психологии «слияние личностей».

Частичное, временное слияние личностей может иметь место при решении задач методом мозгового штурма, когда применяются психотехники, основанные на выпячивании общегрупповых ценностей и символов единства группы, с которыми идентифицируют себя члены brainstorming-группы. Таким общегрупповым символом может быть, скажем, то или иное животное, что напоминает о вере членов многих первобытных общин в тотемы. Консолидация группы дополнительно усиливается техниками, апеллирующими к эволюционно-древним биологическим тенденциям поведения и потребностям людей. С древних времен известно, что единству группы (в том числе неиерархической, сетевой) способствуют коллективные трапезы. Поэтому рекомендуется сопровождать или завершать сессию мозгового штурма социальным завтраком, обедом или даже вечеринкой для всей группы.

Все подобные психотехники ведут к координации поведения участников, синхронизации их индивидуальных ритмов активности даже в отсутствие центрального лидера (пейс-мейкера).



Эта ситуация выступает как частный случай более общей проблемы: обеспечение синхронного поведения множества элементов одной сети (любой природы) при отсутствии центрального управляющего звена.

Йошики Курамото математически показал, что связанные между собой ритмичные элементы (осцилляторы) стремятся к синхронизации, если только их исходные ритмы не слишком различны. Если различия темпа и фазы индивидуальной активности меньше определенной величины, то в сети неизбежно возникают кластеры взаимодействующих элементов (узлов) с совпадающими ритмами. Если эта исходная разница в ритме еще меньше, вся сеть превращается в единый кластер с синхронизированными элементами [19].

Обращение к клеточной парадигме при создании сетевых структур в социуме фактически означает подчеркивание принадлежности каждого участника сети к надындивидуальной структуре («эгрегору»), выступающей как своего рода «ментальный конденсат», порождаемый мыслями и эмоциями людей и обретающий самостоятельное бытие. В известной мере сетевая струк-

➤ **Сетевые структуры позитивной направленности способны формировать на Земле град Божий в противовес граду земному — политическим структурам.**

тура, особенно создаваемая с гуманитарной, благотворительной, экологической, демократизирующей или иной позитивной целью, напоминает Розу Мира в одноименной книге Даниила Андреева [20]. В этой книге говорится о Розе Мира как о светлой планетарной культурной и политической силе, для создания которой необходимо сплочение «наиболее одушевленных, творческих, деятельных и одаренных членов ее в ядро. Ядро, для которого характерна атмосфера неустанного духовного созидания, деятельной любви и чистоты». Отчасти аналогично концепции Августина Блаженного, сетевые структуры позитивной направленности способны формировать на Земле град Божий в противовес граду земному — политическим структурам.

Аналогии, как известно, хромают, и мы констатируем здесь лишь необходимость наличия ядра сети — группы энтузиастов для создания и распространения сетевых структур в социуме. Укажем на описанную в ряде авторских работ [10–12] спонтанно сложившуюся сеть в российском микробиологическом сообществе, ядро которой составили чудаки-энтузиасты, готовые бесplatно по ночам отдаваться любимому делу.

В предшествующей авторской работе [21] была представлена классификация типов личностей в зависимости от преобладающих нейромедиаторов и гормонов (классификация предложена в работах Хелен Фишер, мы опираемся на публикацию [22]). Остановимся на соответствии между четырьмя нейромедиаторными типами личностей и их возможными ролями в сетевых структурах, использующих принципы клеточной сетевой парадигмы.

Можно констатировать, что люди с преобладающей ролью дофамина в мозге (любопытные, энергичные, креативные) подготовлены к функции частичных творческих лидеров в рамках решаемых сетью задач. В то же время люди с доминированием серотониновых систем мозга (осторожные, социабельные) могут успешно играть роль не являющихся лидерами генералистов, параллельно работающих с разными твор-





ческими лидерами в сетевой структуре. Люди с преобладающей ролью женских гормонов эстрогенов и окситоцина (доверяющие, коммуникабельные, способные к сочувствию) могут исполнять функции мягко направляющих сеть наставников (шаперонов). Наконец, люди с доминированием мужского гормона тестостерона (жесткие, решительные, математически мыслящие) на этапе создания новой сети могут быть эффективными организационными лидерами, назначающими других частичных лидеров; если сеть уже сложилась, люди тестостеронового типа могут играть в ней отрицательную роль, так как предпочитают создавать иерархические, а не сетевые структуры [21].

Для рассмотренной в этой работе клеточной сетевой парадигмы из всех четырех перечислен-

ных типов мы ожидаем особо важный вклад людей с доминированием дофаминовой системы мозга. Такие креативные люди способны обеспечить то слияние личностей в едином творческом поле (нематериальном идейном матриксе), которое обеспечивает успешное решение подобной «клеточной» сетью сложнейших задач. Вообразим построенную по этой парадигме сетевую структуру, посвятившую себя организации цифровых интеракций в экономике. Мало сомнений, что именно дофаминовые люди смогут предложить нетривиальные, почти безумные сценарии цифровых площадок для создания прибыльного бизнеса в цифровых условиях буквально из ничего (как знаменитый суп из топора в русской сказке).

Возвращаясь к микробиологической части настоящей статьи, подчеркнем, что среди полезных микробов (пробиотиков) есть и такие, которые производят в значительных концентрациях прямой предшественник дофамина — ДОФА. К числу таких микроорганизмов относятся некоторые лактобациллы, содержащиеся в йогуртах, а также наша давняя подруга кишечная палочка [7, 15]. Будучи синтезирована микроорганизмами в кишечнике, ДОФА проникает через барьер между кишкой и кровотоком и далее также через барьер между кровотоком и мозгом (через гематоэнцефалический барьер). В мозгу ДОФА превращается в дофамин, вызывающий важные для креативной деятельности эффекты (включая необходимое для успешного творчества состояние эйфории).

Итак, материал настоящей статьи демонстрирует (в основном на примере клеточной парадигмы сетевой организации), что сетевые структу-

References

1. Samoilov V.I., Vasil'ev Yu.M. Mekhanizmy sotsial'nogo povedeniya tkaneykh kletok pozvonochnykh; kul'tural'nye modeli [Mechanisms of Social Behavior of Vertebrate Tissue Cells; Cultural Models]. *Zhurnal obshchei biologii*, 2008, no 3, pp. 239–244.
2. Smirnov S.G. *Etologiya bakterii* [Ethology of Bacteria]. Ivanovo: Ivanovskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya, 2004.
3. Shapiro J.A. The significances of bacterial colony patterns. *BioEssays*, 1995, vol. 17(7), pp. 597–607.
4. Duan K.M., Dammel C., Stein J., et al. Modulation of *Pseudomonas aeruginosa* gene expression by host microflora through interspecies communication. *Molecular Microbiology*, 2003, vol. 50, pp. 1477–1491.
5. Leoni L., Rampioni G. *Preface*. Quorum Sensing: Methods and Protocols. Eds. L. Leoni, G. Rampioni, Rome, Humana Press, 2018, pp. vii–viii.
6. Oleskin A.V. Biosotsial'nost' odnokletochnykh (na materiale issledovaniy prokariot) [Biosociality of Unicellular Organisms (Based on Research on Prokaryotes)]. *Zhurnal obshchei biologii*, 2009, no 3, pp. 225–238.
7. Oleskin A.V., Malikina K.D., Shishov V.A. *Symbiotic Biofilms and Brain Neurochemistry*. Hauppauge, N.Y., Nova Science Publ., 2010.
8. Parashar A., Udayabanu M. Gut microbiota regulates key modulators of social behavior. *European Neuropsychopharmacology*, 2016, vol. 26, pp. 78–91.
9. Murrison R. Is there a role for psychology in ulcer disease? *Integrative Psychological and Behavioral Science*, 2001, vol. 36, no 1, pp. 75–83.
10. Oleskin A.V. *Setevye struktury v biosistemakh i chelovecheskom obshchestve* [Network Structures in Biosystems and Human Society]. Moscow, URSS, 2012.
11. Oleskin A.V. *Setevoe obshchestvo: ego neobkhodimost' i vozmozhnye strategii postroeniya* [Network Society: the Need for It and Possible Strategies for Its Construction]. Moscow, URSS, 2016.
12. Oleskin A.V. *Network Structures in Biological Systems and in Human Society*. Hauppauge, N.Y., Nova Science Publ., 2014.

ры в социуме могут творчески использовать те организационные варианты (парадигмы), которые предоставляет нам живая природа на базе миллионов и миллиардов лет биологической эволюции.

□

ПЭС 20063 / 24.06.2020

Источники

1. Самойлов В.И., Васильев Ю.М. Механизмы социального поведения тканевых клеток позвоночных; культуральные модели // Журнал общей биологии. 2008. № 3. С. 239–244.
2. Смирнов С.Г. Этология бактерий. Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2004.
3. Shapiro J.A. The significances of bacterial colony patterns // BioEssays. 1995. Vol. 17(7). P. 597–607.
4. Duan K.M., Dammel C., Stein J., Rabin H., Surette M.G. Modulation of *Pseudomonas aeruginosa* gene expression by host microflora through interspecies communication // Molecular Microbiology. 2003. Vol. 50. P. 1477–1491.
5. Leoni L., Rampioni G. Preface // Quorum Sensing: Methods and Protocols / Eds. L. Leoni, G. Rampioni. Rome: Humana Press. 2018. P. vii–viii.
6. Олескин А.В. Биосоциальность одноклеточных (на материале исследований прокариот) // Журнал общей биологии. 2009. № 3. С. 225–238.
7. Oleskin A.V., Malikina K.D., Shishov V.A. Symbiotic Biofilms and Brain Neurochemistry. Hauppauge, N.Y.: Nova Science Publ. 2010.
8. Parashar A., Udayabanu M. Gut microbiota regulates key modulators of social behavior // European Neuropsychopharmacology. 2016. Vol. 26. P. 78–91.
9. Murrison R. Is there a role for psychology in ulcer disease? // Integrative Psychological and Behavioral Science. 2001. Vol. 36. N 1. P. 75–83.
10. Олескин А.В. Сетевые структуры в биосистемах и человеческом обществе. М.: URSS, 2012.
11. Олескин А.В. Сетевое общество: его необходимость и возможные стратегии построения. М.: URSS, 2016.
12. Oleskin A.V. Network Structures in Biological Systems and in Human Society. Hauppauge, N.Y.: Nova Science Publ. 2014.
13. Verbrugge E., Boyen F., Gaastra W., Bekhuis L., Leyman B., Van Paris A., Haesebrouck F., Pasmans F. The complex interplay between stress and bacterial infections in animals // Veterinary Microbiology. 2012. Vol. 155. P. 115–127.
14. Norris V., Molina F., Gewirtz A.T. Hypothesis: bacteria control host appetites // Journal of Bacteriology. 2013. Vol. 195. P. 411–416.
15. Олескин А.В., Эль-Регистан Г.И., Шендеров Б.А. Межмикробные химические взаимодействия и диалог микробиота — хозяин: роль нейромедиаторов // Микробиология. 2016. № 1. С. 1–24.
16. Oleskin A.V., Shenderov B.A., Rogovsky V.S. Role of neurochemicals in the interaction between the microbiota and the immune and the nervous system of the host organism // Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2017. Vol. 9(3). P. 215–234.
17. Montiel-Castro A.J., Gonzalez-Cervantes R.M., Bravo-Ruiseco G., Pacheco-Lopez G. The microbiota-gut-brain axis: neurobehavioral correlates, health and sociality [Электронный ресурс] // Frontiers in Integrative Neuroscience. 2013. Vol. 7. URL: <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00070>.
18. Виноградский С.Н. Экспериментальный социализм // Летопись нашей жизни / Под ред. Н.Н. Колотиловой, Г.А. Савиной. М.: МАКС Пресс. 2013. С. 606–622.
19. Kuramoto Y. Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence. N.Y.: Springer-Verlag, 1984.
20. Андреев Д. Роза мира. М.: Прометей, 1991.
21. Олескин А.В., Курдюмов В.С. Децентрализованные сетевые структуры в научном сообществе, системе образования, гражданском обществе и бизнесе: модель хирамы // Экономические стратегии. 2018. № 2. С. 104–121.
22. Brown L.L., Acevedo B., Fisher H.E. Neural correlates of four broad temperament dimensions: testing predictions for a novel construct of personality // Plos One. 2013. doi. org/10.1371/journal.pone. 0078734.

13. Verbrugge E., Boyen F., Gaastra W., et al. *The complex interplay between stress and bacterial infections in animals*. Veterinary Microbiology, 2012, vol. 155, pp. 115–127.

14. Norris V., Molina F., Gewirtz A.T. Hypothesis: bacteria control host appetites. *Journal of Bacteriology*, 2013, vol. 195, pp. 411–416.

15. Oleskin A.V., El'-Registan G.I., Shenderov B.A. Mezhmikrobnye khimicheskie vzaimodeistviya i dialog mikrobiota — khozyain: rol' neiromediatorov [Intermicrobial Chemical Interactions and the Microbiota-host Dialogue: the Role of Neurotransmitters]. *Mikrobiologiya*, 2016, no 1, pp. 1–24.

16. Oleskin A.V., Shenderov B.A., Rogovsky V.S. Role of neurochemicals in the interaction between the microbiota and the immune and the nervous system of the host organism. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 2017, vol. 9(3), pp. 215–234.

17. Montiel-Castro A.J., Gonzalez-Cervantes R.M., Bravo-Ruiseco G., Pacheco-Lopez G. The microbiota-gut-brain axis: neurobehavioral correlates, health and sociality. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 2013, vol. 7, available at: <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00070>.

18. Vinogradskii S.N. *Ekspperimental'nyi sotsializm* [Experimental Socialism]. Letopis' nashei zhizni. Moscow, MAKS Press, 2013, pp. 606–622.

19. Kuramoto Y. *Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence*. N.Y., Springer-Verlag, 1984.

20. Andreev D. *Rosa mira* [Rose of the World]. Moscow, Prometei, 1991.

21. Oleskin A.V., Kurdyumov V.S. Detsentralizovannye setevye struktury v nauchnom soobshchestve, sisteme obrazovaniya, grazhdanskom obshchestve i biznese: model' khiramy [Decentralized Network Structures in the Scientific Community, the Education System, Civil Society and Business: Hiram Model]. *Ekonomicheskie strategii*, 2018, no 2, pp. 104–121.

22. Brown L.L., Acevedo B., Fisher H.E. *Neural correlates of four broad temperament dimensions: testing predictions for a novel construct of personality*. Plos One, 2013, doi.org/10.1371/journal.pone. 0078734.