

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ САПРОЗООНОЗОВ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ

Лариса Михайловна СОМОВА, Любовь Степановна БУЗОЛЕВА,  
Наталья Геннадьевна ПЛЕХОВА

НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН  
690087, г. Владивосток, ул. Сельская, 1

На основании длительных исследований, проведенных в модельных микрэкосистемах, обобщены данные об ультраструктуре патогенных бактерий – возбудителей сапрозоонозов – в разных условиях существования. Охарактеризован комплекс морфологических изменений, обеспечивающих функциональную полноценность бактерий разных видов. Высказано предположение об универсальности механизмов адаптации микроорганизмов к изменяющимся параметрам среды обитания.

**Ключевые слова:** *Yersinia pseudotuberculosis*, *Listeria monocytogenes*, ультраструктура, адаптивные изменения.

В последнее десятилетие все большее внимание уделяется экологическим взаимодействиям возбудителей бактериальных инфекций с внешней средой [1, 2]. Это касается в первую очередь факультативных паразитов, жизненный цикл которых состоит в непрерывном переходе из окружающей среды в организм теплокровных животных и человека, где они функционируют как паразиты, и возврате в окружающую среду, где они ведут сапрофитический образ жизни. Двойственность природы факультативных паразитов обеспечивает им возможность существования как биологических видов.

Накопленные к концу XX века новые знания о биологии патогенных бактерий явились основой для формирования учения о сапрозоонозах – новой группе инфекционных болезней, возбудители которых имеют две среды обитания – теплокровный организм человека и животных, с одной стороны, и внешнюю среду, с другой [1, 3–5]. Такая уникальная особенность возбудителей сапрозоонозов обусловлена широкой метаболической пластичностью, обеспечивающей адаптацию бактерий в разных условиях обитания.

На основании многолетних исследований, проведенных в Научно-исследовательском институте эпидемиологии и микробиологии СО РАМН, на моделях псевдотуберкулезного и листериозного микробов раскрыты адаптационные

генетико-биохимические механизмы, которые определяют двойственную – сапрофитическую и паразитическую – природу возбудителей сапрозоонозов, их способность размножаться и длительно существовать в объектах почвенной и водной среды [1, 6–8].

Одним из возможных подходов, подтверждающих изменчивость патогенных бактерий в различных условиях их обитания, являются ультраструктурные исследования, поскольку об изменениях физиологического состояния бактериальных клеток можно судить по изменениям в их строении. Периодическая культура микроорганизмов фактически является моделью, приближенной к природным условиям, так как в любой ее фазе бактерии находятся в состоянии перестройки своего метаболизма в соответствии с меняющимися параметрами среды обитания [9]. Однако до последних лет отсутствовало целостное представление о морфологических аспектах изменчивости бактерий и ее сущности, имеющее большое теоретическое и прикладное значение в плане детекции патогенных микроорганизмов.

В отношении внеорганизменных популяций возбудителей сапрозоонозов [5] эти исследования имеют принципиальное значение, так как способствуют раскрытию морфологической основы их адаптации к жесткому прессингу изменяющихся факторов среды при обитании в естественных условиях.

*Сомова Л.М.* – д.м.н., проф., директор, главный научный сотрудник лаборатории патоморфологии и электронной микроскопии, e-mail: l\_somova@mail.ru

*Бузолева Л.С.* – д.б.н., проф., зав. лабораторией экологии патогенных бактерий, e-mail: buzoleva@mail.ru

*Плехова Н.Г.* – д.б.н., зав. лабораторией патоморфологии и электронной микроскопии, e-mail: pl\_nat@hotmail.com

До сих пор ультраструктурные аспекты адаптации патогенных бактерий во внешней среде были изучены фрагментарно [2, 10]. Общеизвестные представления о субмикроскопической организации бактерий были основаны исключительно на данных, полученных при их культивировании в термостате при температуре 37 °С, что отражает состояние популяции возбудителей лишь в условиях теплокровного организма.

На основании долгосрочных экспериментов в модельных микрэкосистемах нами охарактеризована ультраструктура патогенных бактерий – возбудителей сапрозоонозов – при различных трофических и температурных условиях культивирования.

В качестве объектов исследования были взяты патогенные бактерии *Y. pseudotuberculosis*, штамм 1 серовара № Н-2781, и *L. monocytogenes*, штамм К из музея НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН. Эти исходные штаммы являлись контролем при проведении дальнейших исследований.

Для изучения влияния биотических и абиотических факторов при обитании бактерий в почве использовали резервуар объемом 1 м<sup>2</sup>, заполненный почвогрунтом и находящийся на открытом воздухе при естественных погодных условиях (весна–осень). Заражающая доза составила 10<sup>6</sup> КОЕ на 1 г почвы. Изучение влияния температурного фактора проведено в эксперименте с использованием проточных почвенных колонок, заполненных почвогрунтом, в которых выдерживали инокулированные бактерии (заражающая доза 10<sup>9</sup> микробных клеток/мл) при постоянной температуре – 6–8 и 18–20 °С. Для выделения бактерий из почвенных образцов применяли дифференциально-диагностические среды: для *Y. pseudotuberculosis* – среду Серова, для *L. monocytogenes* – агар на основе дрожжевого гидролизата глюкозы, трипофлавина и налидиксовой кислоты.

При периодическом культивировании бактерий использовали среду, богатую питательными веществами (питательный бульон на основе гидролизата минтая, рН 7,2–7,3), и среду, лимитированную по основным биоэлементам питания (0,1 М солевой фосфатно-буферный раствор), при трех температурных режимах: 6–8 °С, 18–20 °С и 37 °С, создавая при этом условия, приближенные к теплокровному организму или к окружающей среде.

Срок наблюдения составил 2 года для почвенных и 40 суток для периодических культур бактерий.

Для электронно-микроскопического исследования образцы бактерий фиксировали по Ито с последующей дофиксацией в 1 % растворе четырехоксида осмия на 0,2 М какодильном буфере (рН 7,2–7,4), заливали в эпон-аралдит. Ультратонкие срезы контрастировали в растворах уранилацетата и цитрата свинца, просматривали в трансмиссионном электронном микроскопе.

Проведенные исследования позволили установить наличие комплекса ультраструктурных изменений у бактерий при их обитании в условиях, аналогичных условиям теплокровного организма и окружающей среды.

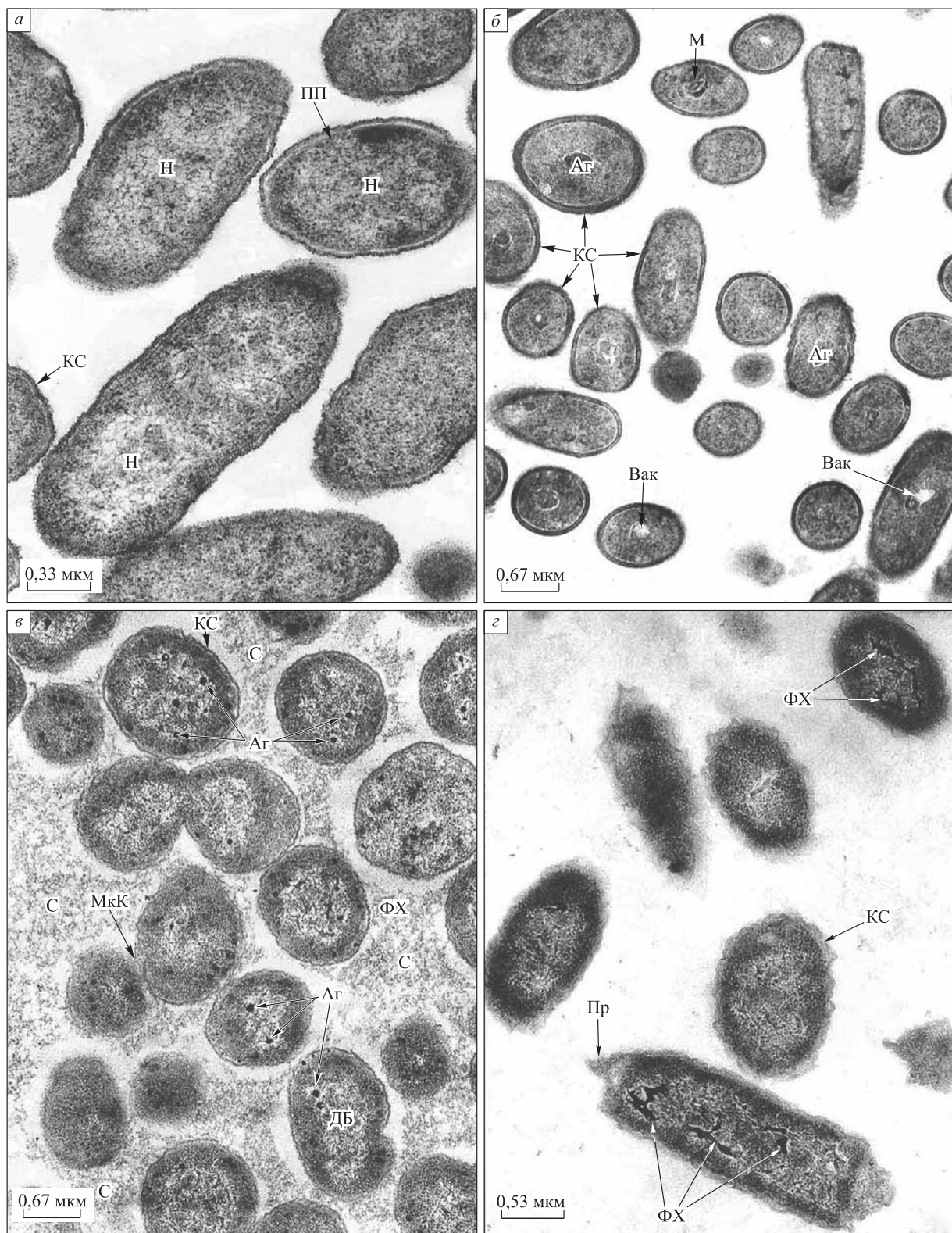
По сравнению с исходной (контрольной) культурой (рис. 1, а), у бактерий *Y. pseudotuberculosis* 1–3-месячных почвенных культур выявлены мелкие осмиофильные гранулы на внешней мембране клеточной стенки, которые принято оценивать как микрокапсулу. Сходные структуры у бактерий наблюдала И.Б. Павлова [10] в ответ на воздействие неблагоприятных факторов внешней среды. Между бактериями 3-месячных культур наблюдалось образование слизи (рис. 1, в). В этот период наблюдения между частью бактерий обнаруживались межклеточные контакты, а также образование капсулы и общего покрова. После 9 месяцев обитания в почвенном резервуаре межклеточные контакты определялись между всеми бактериальными клетками, их популяция была соединена также межклеточным матриксом, что, вероятно, способствовало созданию оптимальных для них трофических условий.

У бактерий псевдотуберкулеза, выделенных из почвы через 7 месяцев эксперимента, наблюдалось формирование простеков – цитоплазматических выростов, увеличивающих поверхность клеточной мембраны (рис. 1, г). Как известно, такие образования выявляются при адаптации к условиям голодания у неспоровых бактерий, бактерий-олиготрофов, за счет чего усиливается поступление питательных веществ в клетку [11]. Простеки обнаруживались нами у иерсиний и в лаг-фазе при периодическом культивировании.

У *L. monocytogenes* клеточная стенка более ригидна, чем у *Y. pseudotuberculosis*, и увеличение ее площади в условиях голодания происходит за счет увеличения размеров самих клеток (рис. 2, а), что коррелировало с истончением клеточной стенки бактерий по сравнению с исходной контрольной культурой (рис. 1, б).

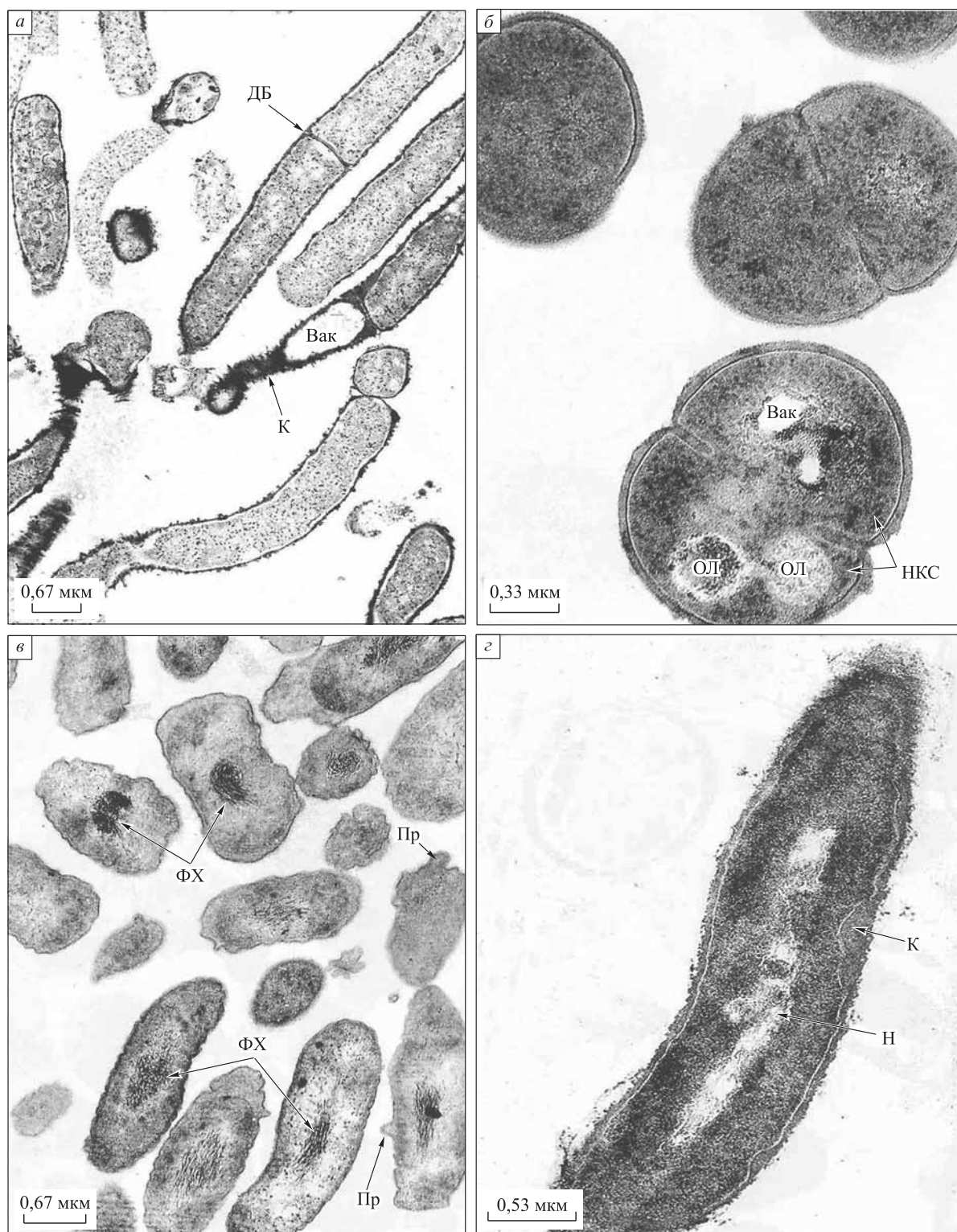
Трофический фактор является одним из наиболее значимых абиотических факторов, оказывающих влияние на жизнеспособность бактерий. Кроме того, к основным факторам,





**Рис. 1.** Ультраструктура возбудителей сапрозоонозов: а – контроль, исходный штамм *Y. pseudotuberculosis*; б – контроль, исходный штамм *L. monocytogenes*; в – образование слизи (С) в культуре *Y. pseudotuberculosis*, находившейся в проточной почвенной колонке в течение трех месяцев при 6–8 °С; г – формирование простеков (Пр) в клетках периодической культуры *Y. pseudotuberculosis* в фосфатно-солевом буфере при 37 °С, 1 ч, лаг-фаза. Н – нуклеоид, ПП – периплазматическое пространство, КС – клеточная стенка, Вак – вакуоль, М – мезосома, МкК – межклеточный контакт, ФХ – фибриллы хроматина, Аг – агломерат (электронно-плотный), ДБ – делящаяся бактерия





**Рис. 2.** Ультраструктурные изменения адаптивного характера у патогенных бактерий периодической и почвенных культур: а — истончение клеточной стенки и признаки капсулообразования в культуре *L. topocytogenes*, находившейся в проточной почвенной колонке в течение девяти месяцев при 18–20 °С (К — фрагменты капсулы, ДБ — перегородка делящейся бактерии); б — кокковидные формы *L. topocytogenes*, периодическая культура в питательном бульоне при 18–20 °С, 5 суток, стационарная фаза (ОЛ — очаговый лизис); в — культура *Y. pseudotuberculosis* после 7-месячного пребывания в открытом почвенном резервуаре, во многих клетках в зоне нуклеоида многочисленные осmioфильные ФХ, Пр; г — бактериальная клетка культуры *L. topocytogenes*, находившейся в проточной почвенной колонке в течение двух лет при 6–8 °С, высокая рибосомальная насыщенность цитоплазмы (К — капсула). Ост. обозн. см. на рис. 1

обуславливающим существование микроорганизмов в определенных экологических нишах и влияющим на изменчивость возбудителей сапрозоонозов при смене среды обитания, можно отнести и температуру. В экспериментах с использованием проточных почвенных колонок культуры *Y. pseudotuberculosis* и *L. monocytogenes* выдерживали в течение двух лет при постоянной температуре 6–8 или 18–20 °С. Это позволило проследить, как влияет температура на изменчивость указанных грамотрицательных и грамположительных бактерий при их обитании в почве.

В «тепловых» почвенных культурах иерсиний и листерий, выделенных из почвенных колонок, часто выявлялись бактерии с нарушением процесса деления. Это выражалось в образовании асимметричной перетяжки деления, делении на неравномерные сегменты. Клетки с признаками нарушения деления были выявлены и в «тепловых» периодических культурах иерсиний и листерий в лаг-фазе и в стационарной фазе роста. Кроме того, в «тепловых» культурах листерий обнаруживались клетки, делящиеся как кокковидные и коринеформные бактерии (рис. 2, б).

При изучении ультраструктуры патогенных бактерий в разных экологических условиях было обращено внимание на состояние нуклеоида. Так, бактериальные клетки 7-месячной почвенной популяции *Y. pseudotuberculosis* имели конденсированный нуклеоид, состоящий из осмиофильных фибрилл хроматина, иногда располагающихся в зоне формирования перетяжки деления (рис. 2, в). У этого вида бактерий при периодическом культивировании суперспирализация хроматина (ДНК) наблюдалась в лаг-фазе и в стационарной фазе роста. Существует мнение, что подобное конденсированное состояние нуклеоида, как показано для *E. coli*, наблюдается при связывании ДНК с полиаминами и имеет для бактерий адаптивное значение [12–15].

Установлено, что по сравнению с контролем у разных температурных вариантов всех изученных почвенных культур, особенно у «холодовых» культур иерсиний и листерий, повышалась электронная плотность цитоплазмы, связанная с изменением количества рибосом (рис. 2, г). Наряду с этим в зоне нуклеоида выявлялись электронно-плотные агломераты. Аналогичное повышение рибосомальной насыщенности цитоплазмы бактерий обнаружено в лаг-фазе периодического культивирования. Подобное явление связано со снижением продуктивности рибосом, малая эффективность

которых компенсируется дополнительным их синтезом для поддержания скорости роста бактерий на определенном уровне. Это согласуется с данными о том, что у факультативно психрофильных бактерий, таких как *E. coli* и *Y. pseudotuberculosis* и некоторых почвенных бактерий, при росте на холоде увеличивается потребность в питательных веществах и усиливается синтез РНК [16].

Одним из механизмов адаптации к дефициту питания при неоптимальных условиях существования у микроорганизмов является синтез запасных веществ [17, 18]. У изученных нами видов бактерий была обнаружена способность синтезировать полифосфаты и поли-β-оксимасляную кислоту (ПОМК).

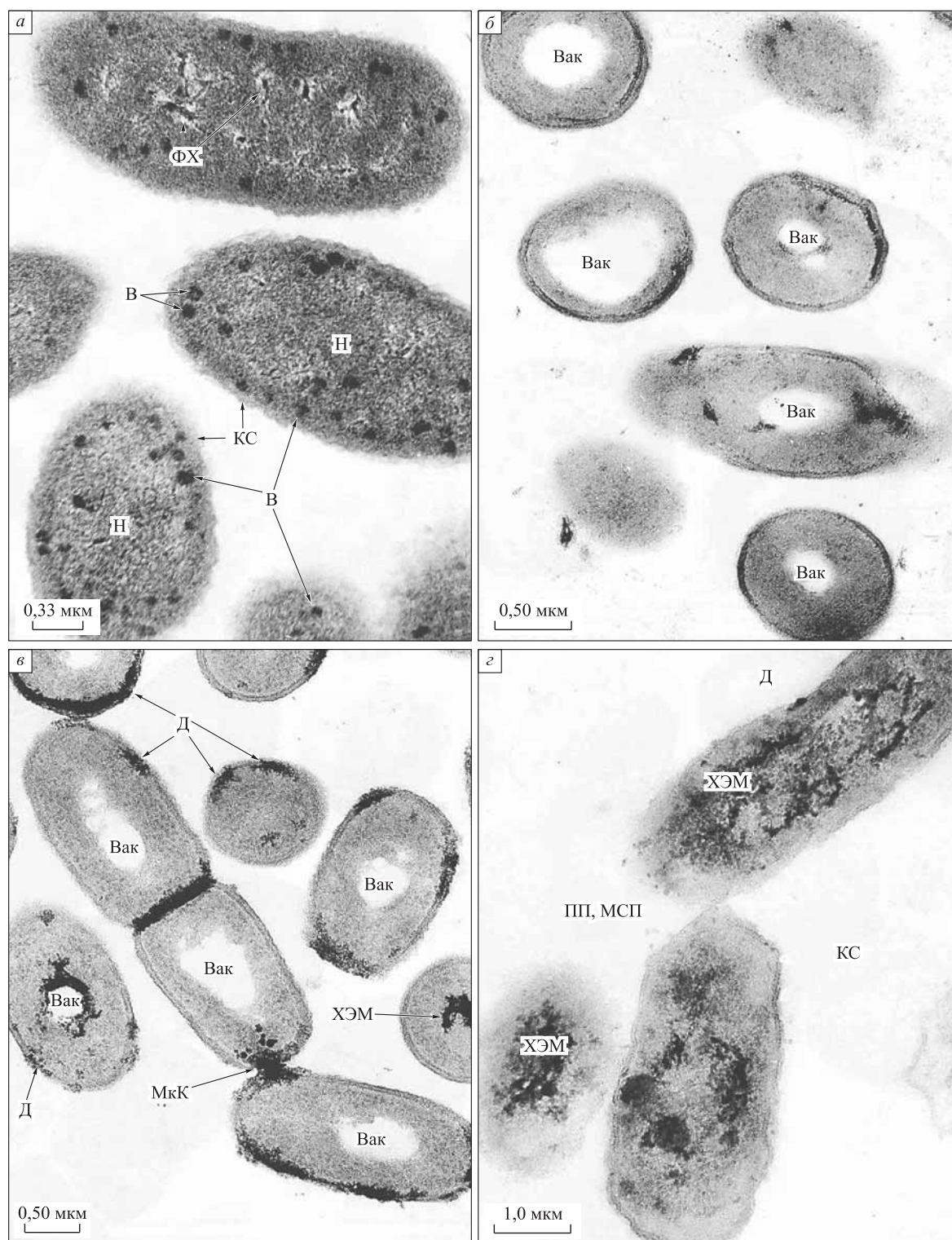
При периодическом культивировании *Y. pseudotuberculosis* полифосфаты выявлялись в виде округлых осмиофильных включений, чаще по периферии бактериальной клетки («ожерелье») (рис. 3, а), количественное накопление полифосфатов зависело от состава среды (как правило, на фосфатно-солевом буфере – «голодная» среда) и фазы роста культуры (в лаг-фазе). Включения ПОМК, которые экстрагировались при спиртовой обработке препаратов, имели вид псевдовакуолей, окруженных однослойной мембраной (рис. 3, б), они обнаруживались как у периодических культур *Y. pseudotuberculosis*, так и у *L. monocytogenes* вне зависимости от состава среды и фазы роста, но чаще у бактерий, обитавших в почве, на всех сроках наблюдения.

На основании сравнительных морфологических и биохимических исследований нами было высказано предположение, что существует количественный порог содержания запасных веществ в клетке, при котором они визуализируются с помощью электронной микроскопии: для полифосфатов этот порог должен быть выше 4000 мкг/г сухой массы бактерий, а для ПОМК – не менее 4 мкг/г.

Установлено, что все выявленные нами ультраструктурные изменения бактерий носили фенотипический характер. Пассирование почвенных культур на питательной среде приводило к постепенному восстановлению исходной морфологии, при этом для листерий требовался более длительный период.

И наконец, у исследованных микроорганизмов при периодическом культивировании выявлялись структуры, не присущие бактериям при их обитании в почве. В условиях «холодового» культивирования как у иерсиний, так и у листерий обнаруживался комплекс общих признаков: электронно-плотные депозиты на





**Рис. 3.** Ультраструктурные проявления метаболической активности у патогенных бактерий при культивировании в условиях положительной низкой температуры: а – *Y. pseudotuberculosis*, периодическая культура в питательном бульоне при 18–20 °С, 1 ч, лаг-фаза (в цитоплазме многочисленные электронно-плотные включения (В – полифосфаты)); б – *L. topocytogenes*, периодическая культура в фосфатно-солевом буфере при 6–8 °С, 40 суток, стационарная фаза (Вак (псевдовакуоль), образованная в результате накопления ПОМК); в – *L. topocytogenes*, периодическая культура в питательном бульоне при 6–8 °С, 5 суток, экспоненциальная фаза (депозиты (Д) в клеточной стенке и в зоне перегородки деления (клетка в центре), хлопьевидные электронно-плотные массы (ХЭМ) в зоне нуклеоида); г – *Y. pseudotuberculosis*, периодическая культура в фосфатно-солевом буфере при 6–8 °С, 10 суток, поздняя экспоненциальная/стационарная фаза. Ост. обозн. см. рис. 1 и 2

клеточной стенке, электронно-плотные «хлопьевидные» массы в зоне нуклеоида и в цитоплазме (рис. 3, в, з). При этом на появление депозитов влиял только температурный фактор культивирования. В динамике периодического культивирования удалось проследить перемещение указанных образований из зоны нуклеоида в периферическую часть и клеточную стенку бактерий.

На основании анализа собственных и литературных [19, 20] данных нами высказано предположение, что данные ультраструктурные изменения демонстрируют метаболическую активность бактерий, а именно, проявления синтетического процесса, в частности, продукцию ими биологически активных веществ в условиях функциональной адаптации.

Систематизированные данные об ультраструктуре возбудителей сапрозоонозов – *Y. pseudotuberculosis* и *L. monocytogenes* – в разных фазах и при различных условиях их периодического культивирования, так же как и их почвенных изолятов, до наших исследований отсутствовали. Обобщение результатов собственных многолетних модельных экспериментов позволило нам сделать заключение о том, что выявленный комплекс ультраструктурных изменений бактерий периодических и почвенных культур, обеспечивающих их функциональную полноценность, следует рассматривать как естественную адаптивную реакцию бактериальных популяций на изменяющиеся условия обитания в соответствующих экологических нишах, которая отражает универсальный, морфологический механизм адаптации патогенных микроорганизмов [21, 22].

Длительное пребывание патогенных бактерий – возбудителей сапрозоонозов – в почве обеспечивается за счет изменений фенотипического характера на уровне ультраструктур и выражается в образовании капсулы и микрокапсулы, общего покрова, слизи, межклеточных контактов, цитоплазматических выростов (простеков) и накопления запасных веществ [21–24]. Функциональная адаптация также обеспечивается повышением извилистости и изменением толщины клеточной стенки, вариабельностью размеров бактерий, рибосомальной насыщенностью цитоплазмы и состоянием нуклеоида, отражающим конформационные изменения бактериальной ДНК.

В условиях периодического культивирования иерсиний и листерий при разных температурных и трофических режимах, так же как и при длительном существовании в почве, в бак-

териальных клетках происходят сходные морфологические изменения, которые имеют адаптивный характер.

Помимо этого, при периодическом культивировании изученных микроорганизмов в условиях низкой температуры выявлено образование структур, отличающихся от запасных веществ, в виде электронно-плотных хлопьевидных агрегатов в зоне нуклеоида и в цитоплазме, а также электронно-плотных депозитов в клеточной стенке. Предполагается, что данная картина демонстрирует ультраструктурные признаки биосинтетического процесса, связанного с продукцией бактериями вторичных метаболитов.

Фундаментальное значение представленных материалов определяется тем, что они демонстрируют морфологическую основу адаптации возбудителей сапрозоонозов к разным условиям обитания, соответствующим сапрофитической и паразитической фазам их жизнедеятельности. В плане прикладного значения полученные данные о морфологической изменчивости патогенных бактерий должны учитываться при проведении микробиологических исследований, особенно с диагностической целью, поскольку именно структурно-функциональная перестройка бактериальной популяции может обуславливать неудачность бактериологического подтверждения инфекционных заболеваний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сомов Г.П., Бузолева Л.С. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды. Владивосток, 2004. 167 с.  
*Somov G.P., Buzoleva L.S. Adaptation of pathogenic bacteria to abiotic factors of environment. Vladivostok, 2004. 167 p.*
2. Литвин В.Ю., Гинцбург А.Л., Пушкарёва В.И. и др. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. М., 1998. 256 с.  
*Litvin V.Yu., Gintsburg A.L., Pushkareva V.I. et al. Epidemiological aspects of bacteria ecology. M., 1998. 256 p.*
3. Сомов Г.П. Современное представление о сапронозах (основные итоги изучения проблемы) // Тихоокеанский мед. журн. 2001. (2). 67–70.  
*Somov G.P. The modern conception on sapronoses (the main results of the problem study) // Tikhookeanskii med. zhurn. 2001. (2). 67–70.*
4. Сомов Г.П., Литвин В.Ю. Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий: экологические аспекты. Новосибирск, 1988. 207 с.  
*Somov G.P., Litvin V.Yu. Saprophytism and parasitism of pathogenic bacteria (ecological aspects). Novosibirsk, 1988. 207 p.*



5. Сомов Г.П., Варвашевич Т.Н., Тимченко Н.Ф. Психрофильность патогенных бактерий. Новосибирск, 1991. 204 с.
- Somov G.P., Varvashevich T.N., Timchenko N.F. Psychrophility of pathogenic bacteria. Novosibirsk, 1991. 204 p.
6. Пушкарёва В.И. Патогенные бактерии в почвенных и водных сообществах: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1994.
- Pushkareva V.I. Pathogenic bacteria under soil and water co-society: abstract of thesis ...doctor of biological sciences. M., 1994.
7. Тафельштейн Э.Е., Голубинский Е.П., Марамонович А.С., Попов А.В. Адаптивные механизмы в экологии псевдотуберкулезного микроба // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1995. (4). 30–34.
- Tafelshtein E.E., Golubinsky E.P., Maramovich A.S., Popov A.V. Adaptive mechanisms at *Yersinia pseudotuberculosis* ecology // Meditsinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni. 1995. (4). 30–34.
8. Сомов Г.П. Особенности экологии внеорганизменных популяций патогенных бактерий // Журн. эпидемиологии, микробиологии и иммунобиологии. 1997. (5). 7–11.
- Somov G.P. Features of pathogenic bacteria extra-organism populations // Zhurn. epidemiologii, mikrobiologii i immunobiologii. 1997. (5). 7–11.
9. Вайсман И.Ш. Предпосылки комплексной оценки физиологического состояния бактерий и их популяций // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1984. (4). 3–8.
- Vaysman I.Sh. Prerequisites of complex estimation of bacteria physiological condition and their populations // Zhurn. epidemiologii, mikrobiologii i immunobiologii. 1984. (4). 3–8.
10. Павлова И.Б. Закономерности развития популяций бактерий в окружающей среде: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1998.
- Pavlova I.B. Regularities of bacteria populations development under environmental: abstract of thesis ...doctor of biological sciences. M., 1998.
11. Семенов А.М. Культивирование и физиология роста олиготрофных микроорганизмов // Итоги науки и техники. Сер. Микробиология. М., 1991. 24. 149–178.
- Semenov A.M. Cultivation and physiology of oligotrophic microorganisms growth // Results of Science and Technique. Series of Microbiology. M., 1991. 24. 149–178.
12. Рощина Е.К. Влияние условий культивирования на устойчивость *Escherichia coli* к стрессовым воздействиям // 8-я Международная конференция «ВИЧ/СПИД и родственные проблемы». 2000. 4 (1). 105.
- Roshchina E.K. The influence of cultivation conditions on *Escherichia coli* stability to stress affects // 8th Int. Conf. «HIV/ASID and related problems», 2000. 4 (1). 105.
13. Ткаченко А.Г., Пишеничнов М.П., Салахетдинова О.Я., Нестерова Л.Ю. Роль путресцина и энергетического состояния *Escherichia coli* в регуляции топологии ДНК при адаптации к окислительному стрессу // Микробиология. 1999. 58. (1). 27–32.
- Tkachenko A.G., Pshenichnov M.P., Salakhedinova O.Ya., Nesterova L.Yu. The role of putrescine and energetic condition of *Escherichia coli* in regulation of DNA topology under adaptation to oxidative stress // Mikrobiologiya. 1999. 58. (1). 27–32.
14. Dorman C.J. Flexible response: DNA supercoiling, transcription and bacterial adaptation to environmental stress // Trends Microbiol. 1996. 2. (3). 211–215.
15. Wang J.Y., Syvanen M. DNA twist as a transcriptional sensor for environmental changes // Mol. Microbiol. 1992. 3. (10). 61–66.
16. Watson S.P., Clements M.O., Foster S.J. Characterization of the starvation survival response of *Staphylococcus aureus* // J. Bacteriol. 1998. 180. (7). 1750–1758.
17. Работнова И.Л. Физиология микроорганизмов и управляемое культивирование // Успехи микробиологии. 1990. (24). 88–99.
- Rabotnova I.L. Physiology of microorganisms and managed cultivation // Uspekhy mikrobiologii. 1990. (24). 88–99.
18. Волова Т.Г., Калачева Г.С., Пузырь А.П. Влияние внутриклеточного пула полиоксибутирата на рост водородных бактерий в неоптимальных условиях // Микробиология. 1996. 55. (2). 94–98.
- Volova T.G., Kalacheva G.S., Puzhyr A.P. The influence of intracellular pull of oxibuthirate on the hydrogen bacteria growth under optimal conditions // Mikrobiologiya. 1996. 55. (2). 94–98.
19. Габдрахманова Л.А., Балабан Н.П., Шарипова Н.П. и др. Оптимизация среды культивирования для продукции глутамилэндопептидазы *Bacillus intermedius* 3-19 // Микробиология. 2002. 71. (6). 213–219.
- Gabdrakhmanova L.A., Balaban N.P., Sharipova N.P. et al. Optimization of cultivation mediums for production of *Bacillus intermedius* glutamylendopeptidase 3-19 // Mikrobiologiya. 2002. 71. (6). 213–219.
20. Сомова Л.М., Бузолева Л.С., Плехова Н.Г. Ультраструктура патогенных бактерий в разных экологических условиях. Владивосток: Медицина ДВ, 2009. 200 с.



Somova L.M., Buzoleva L.S., Plekhova N.G. Ultrastructure of pathogenic bacteria under different ecological conditions. Vladivostok: Meditsina DV, 2009. 200 p.

21. Исаченко А.С. Изменение ультраструктуры бактерий *Yersinia pseudotuberculosis* и *Listeria monocytogenes* как результат адаптации к различным условиям существования: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2004.

Isachenko A.S. Changes of *Yersinia pseudotuberculosis* and *Listeria monocytogenes* ultrastructure as the result of adaptation to different conditions of their inhabitation: abstract of thesis ...candidate of biological sciences. Vladivostok, 2000.

22. Бузолева Л.С., Сомова Л.М., Кривошеева А.М. и др. Использование запасных веществ бактериями *Yersinia pseudotuberculosis* и *Listeria monocytogenes* в условиях голодания при низкой температуре // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2006. (3, прил.). 16–19.

Buzoleva L.S., Somova L.M., Krivosheeva A.M. et al. The use of reserve substances by *Yersinia pseudotuberculosis* and *Listeria monocytogenes* bacteria at starvation under low temperature // Zhurn. epidemiologii, mikrobiologii i immunobiologii. 2006. (3, Suppl.). 16–19.

23. Сомова Л.М., Бузолева Л.С., Исаченко А.С., Сомов Г.П. Адаптивные ультраструктурные изменения бактерий *Yersinia pseudotuberculosis* при обитании в почве // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2006. (3). 36–40.

Somova L.M., Buzoleva L.S., Isachenko A.S., Somov G.P. Adaptive ultrastructural changes of *Yersinia pseudotuberculosis* bacteria under inhabitation in soil // Zhurn. epidemiologii, mikrobiologii i immunobiologii. 2006. (3). 36–40.

24. Somova L.M., Isachenko A.S., Buzoleva L.S. et al. Ultrastructural aspects of adaptation in pathogenic bacteria under different ecological conditions // 13th Europ. Microscopy Congress. Antwerpen, 2004. 371–372.

## MORPHOLOGICAL ASPECTS OF SAPROZOOONOSIS AGENTS ADAPTATION UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF THEIR EXISTENCE

Larisa Mikhaylovna SOMOVA, Lyubov Stepanovna BUZOLEVA,  
Natalya Gennadiyevna PLEKHOVA

Institute of Epidemiology and Microbiology SB RAMS  
690087, Vladivostok, Selskaya str., 1

On the ground of long investigations, carried out in model microecosystems, authors generalized the data about ultrastructure of pathogenic bacteria – agents of saproozoonosis – under different conditions of their existence. The complex of the morphological changes, providing functional perfection of different types of bacteria, is characterized. The suggestion about the universal mechanism of the microorganisms' adaptation to the changing parameters of the inhabitation is given.

**Key words:** *Yersinia pseudotuberculosis*, *Listeria monocytogenes*, ultrastructure, adaptive changes.

**Somova L.M.** – doctor of medical sciences, professor, director, chief researcher of the laboratory of pathomorphology and electron microscopy, e-mail: l\_somova@mail.ru

**Buzoleva L.S.** – doctor of biological sciences, head of the laboratory of ecology of pathogenic bacteria, e-mail: buzoleva@mail.ru

**Plekhova N.G.** – doctor of biological sciences, head of the laboratory of pathomorphology and electron microscopy, e-mail: pl\_nat@hotmail.com