

На основании характеристики современных тенденций в развитии седьмой пандемии прогноз по холере в мире остается неблагоприятным. Подтверждением этому являются крупные эпидемии и вспышки в более чем 30 странах Азии (Индия, Ирак и др.), Африки (Судан, Ангола, Заир, Руанда, Кения, Замбия, Зимбабве, Уганда и др.), завозы в страны Европы, США и Канаду в 2007 г. Прогноз для России, где обстановка по холере оценивается нами как неустойчивая, остается неблагоприятным в плане возможных завозов инфекции всеми видами международного транспорта. Основное и первостепенное значение имеет осуществление эпидемиологического надзора за холерой на всех этапах выявления больных с подозрением на инфекцию, начиная от пунктов пропуска через Государственную границу России, а также мониторинга за водными объектами I и II категорий, предусмотренного системой социально-гигиенического мониторинга и эпидемиологического надзора для предотвращения вспышек не только холеры, но и других инфекционных болезней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бароян О.В. Судьба конвенционных болезней (прошлое, настоящее, будущее). – М.: Медицина, 1971. – 326 с.
2. Бургасов С.П. Пандемия // БМЭ. – М.: Советская энциклопедия, 1982. – Т. 18. – Изд. 3-е. – С. 743–744.
3. Москвитина Э.А., Беспалов И.А., Ломов Ю.М., Горобец А.В. // Холера и патоген. для человека вибрионы: Матер. пробл. комис. – Ростов н/Д, 2001. – Вып. 14. – С. 10–12.
4. Москвитина Э.А., Беспалов И.А., Прометной В.И. // Холера. Матер. VIII Росс. науч.-практ. конф. по проблеме «ХОЛЕРА». – Ростов н/Д, 2003. – С. 34–38.
5. Черкасский Б.Л. Системный подход в эпидемиологии. – М.: Медицина, 1988. – 283 с.
6. Wkly. Epidem. Rec. – 2006. – Vol. 81, N 31. – P. 297–307.
7. Colwell R.R., Huq A., Islam M.S. *et al.* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2003. – Vol. 100, N 3. – P. 1051–1055.
8. Faruque S.M., Biswas K., Udden S.M. *et al.* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2006. – Vol. 103, N 16. – P. 6350–6355.
9. Guevart E., Noeske J., Solle J. *et al.* // Med. Trop. (Mars.). – 2006. – Vol. 66, N 3. – P. 283–291.
10. Hall-Stoodley L., Stoodley P. // Trends Microbiol. –

2005. – Vol. 13, N 1. – P. 7–10.
11. Jesudason M.V., Balaji V., Mukundan U., Thomson C.J. // Epidemiol. Infect. – 2000. – Vol. 124, N 2. – P. 201–206.
12. Kam K.M., Luey C.K., Tsang Y.M. *et al.* // J. Clin. Microbiol. – 2003. – Vol. 41, N 10. – P. 4502–4511.
13. Le Vigueloux J. Bull. Wldh. Org. – 1965. – Vol. 32. – P. 515–530.
14. Longini I.M. Jr., Yunus M., Zaman K. *et al.* // J. Infect. Dis. – 2002. – Vol. 186, N 2. – P. 246–251.
15. Matz C., McDougald D., Moreno A.M. *et al.* // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2005. – Vol. 102, N 46. – P. 16819–16824.
16. Nair G.B., Faruque S.M., Bhuiyan N.A. *et al.* // J. Clin. Microbiol. – 2002. – Vol. 40, N 9. – P. 3296–3299.
17. Ndiokubwayo J.B., Niyongabo T., Ndayiragije A. *et al.* // Mol. Trop. (France). – 2001. – Vol. 61, N 3. – P. 266.
18. Qu M., Xu J., Ding A. *et al.* // J. Clin. Microbiol. – 2003. – Vol. 41, N 6. – P. 2306–2310.
19. Roy S., Dutta B., Ghosh A.R. *et al.* // Trop. Med. Health. – 2005. – Vol. 10, N 6. – P. 604–611.
20. Sack D. // Glimpse. – 2005. – Vol. 27, N 1–2. – P. 2.
21. Safa A., Bhuiyan N.A., Nusrin S. *et al.* // J. Med. Microbiol. – 2006. – Vol. 55, Pt. 11. – P. 1563–1569.
22. Siddique F.J., Bhutto N.S., von Seidlein L. *et al.* // Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. – 2006. – Vol. 100, N 5. – P. 476–482.
23. Wkly. Epidem. Rec. – 1992–2006.

Е.А.Москвитина

Current Trends in the Evolution of the Seventh Cholera Pandemics

Rostov Anti-Plague Research Institute

The major trends were defined in the dynamics of cholera incidence over the world: in Africa, Asia, Americas (1997–2006). The tendency towards the increase in the dynamics of cholera morbidity in the world (rate of growth +12.817 %) was found to be dependent on the incidence trends in Africa (+7.886 %). Formation of stable endemic foci in Africa is nowadays a prognostically important unfavorable index of the 7th cholera pandemic evolution. According to WHO's formal information, 728 imported cases of cholera were reported worldwide from the countries of Asia (62.4 %), Europe (22.1 %), Americas, from the USA and Canada (11 %), Australia and Oceania (4.1 %), as well as from Africa (0.4 %). The imported character of cholera outbreaks in different countries of Asia and Africa was confirmed by molecular studies of *V. cholerae* O1 strains. Currently, Bengal cholera is not only registered to be imported to different continents from endemic foci of India and Bangladesh, but also there is a tendency to annually detect cholera infection with no reported importation cases (China). The current trends in the evolution of the seventh cholera epidemics in CIS states and Russia during the analyzed period are determined by the importation of the infection with or without its subsequent spread. The seventh cholera pandemic is still going on. Cholera forecast worldwide remains unfavorable.

Key words: cholera, *Vibrio cholerae*, pandemics, endemic foci, epidemiologic situation.

Поступила 09.10.07.

УДК 616.981.452:595.775

А.Я.Никитин, В.М.Корзун, Е.Г.Токмакова, Л.П.Базанова

АСИММЕТРИЯ В ПРОЯВЛЕНИИ БИЛАТЕРАЛЬНЫХ МОРФ КАК ИНДИКАТОР ХАРАКТЕРА ВЗАИМООТНОШЕНИЙ БЛОХ С ВОЗБУДИТЕЛЕМ ЧУМЫ

Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока

Уровень флуктуирующей асимметрии (ФА) билатеральных признаков у блох отражает определенный характер их взаимоотношений с возбудителем чумы. ФА признаков хетотаксии выше у имаго с наблюдаемыми в преджелудке скоплениями микроба. Кроме того, при заражении блох из групп, исходно различающихся по уровню ФА, большая векторная способность характерна для особей с более высокими значениями этого показателя или собранных на участках природного очага чумы с регистрируемыми эпизоотиями. Эти особенности взаимоотношений проявляются на внутри- и межпопуляционном уровне у нескольких видов отряда *Siphonaptera*, а также у имаго, являющихся гибридами от скрещивания *C. tesquorum altaicus* и *C. t. sungaris*.

Ключевые слова: блохи, возбудитель чумы, блок преджелудка, флуктуирующая асимметрия, билатеральные признаки, эпизоотии, гибриды.

Оценка случайной изменчивости в проявлении билатеральных морф (онтогенетических шумов развития) широко используется в качестве чувствитель-

ного индикатора действия неблагоприятных внешних факторов. С одной стороны, она отражает реакцию особей на неоптимальные условия среды обитания,

с другой – определяется генотипической изменчивостью организмов, образующих популяцию, и интенсивностью давления отбора в соответствующей экологической обстановке [2, 9–13, 25, 29–31]. Паразито-хозяинные взаимоотношения характеризуются отрицательным влиянием паразита на хозяина. Как следствие, в нескольких таксономических группах животных выявлена связь уровня флуктуирующей асимметрии (ФА) в проявлении билатеральных признаков хетотаксии с зараженностью особей паразитами [10, 11, 13, 18, 22, 25, 31].

В работе обобщены материалы 10-летних исследований особенностей проявления признаков хетотаксии у представителей отряда *Siphonaptera* в зависимости от их взаимоотношений с возбудителем чумы (*Yersinia pestis*) [3, 16, 17, 20, 22, 29]. Являясь облигатными гематофагами, имаго многих видов блох играют роль специфического вектора для микроба, который попадает в организм насекомых с кровью во время их питания на прокормителе с бактериемией или септициемией. В преджелудке и желудке блох происходит размножение микроба, отрицательно влияющего на жизнеспособность имаго. В наших исследованиях особое внимание уделено изучению насекомых, у которых в результате интенсивного размножения микроба происходит закупорка преджелудка. Считается, что заблокированные имаго более эффективны в качестве переносчика возбудителя чумы [5, 7, 8, 35]. Вместе с тем это не исключает факт участия в трансмиссивной передаче возбудителя и неблокированных блох [5, 8, 14, 15, 27].

Исследования выполнены на трех видах *Siphonaptera* (*Citellophilus tesquorum*, *Xenopsylla cheopis*, *Amphalius runatus*), один из которых представлен двумя подвидами (*C. tesquorum altaicus* и *C. tesquorum sungaris*), а также гибридных насекомых, полученных в лаборатории путем их скрещивания. Использованы имаго блох, собранные непосредственно из природных стаций в степях Забайкалья, Иркутской области (Усть-Ордынский бурятский национальный округ), Тункинской долины (республика Бурятия) и горно-степных районов Тувы (Мугур-Аксы), Горного Алтая (Кош-Агач), а также особи, полученные после длительного разведения насекомых в условиях инсектария. Уровень ФА характеризовали либо через показатель дисперсии разности в проявлении определенного билатерального признака с двух сторон тела, либо посредством оценки доли асимметричных имаго среди проанализированных особей [2, 13]. Более детальную информацию о проведенных экспериментах можно получить из ранее опубликованных работ [3, 16, 20, 22, 29].

Установлено, что между отдельными популяциями блох всех исследованных видов существуют фенотипические различия по ряду морфологических признаков, в том числе по уровню ФА билатеральных морф [3, 17, 18, 22, 29]. Эти особенности нередко можно трактовать как показатель гомеостатического потенциала особей, в связи с чем изучена связь между

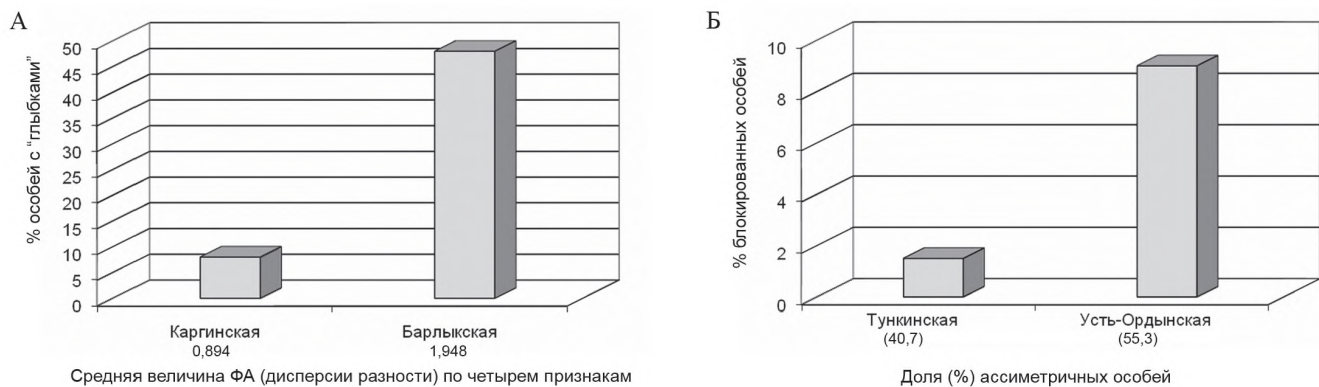
уровнем ФА и характером взаимоотношений имаго насекомых с возбудителем чумы. Во всех лабораторных экспериментах использованы штаммы основного подвида возбудителя (*Y. pestis subsp. pestis*), который вирулентен для белых мышей и морских свинок, что является одним из критериев его патогенности для людей [1, 33]. Кроме того, проведен морфологический анализ блох, собранных в Горно-Алтайском природном очаге, в котором циркулирует *Y. pestis subsp. altaica* – более изменчивый подвида возбудителя с избирательной вирулентностью: высокой для белых мышей и низкой для морских свинок [1, 4, 28]. Последнее обстоятельство принято рассматривать в качестве свидетельства его меньшей опасности для человека.

При исследовании взаимоотношений блох с возбудителем чумы использовано три взаимодополняющих подхода. В первом случае проведено заражение насекомых из разных популяций, для которых выявлены различия по уровню ФА. Во втором – оценивали ФА билатеральных признаков блох, у которых при экспериментальном заражении сформировался или не сформировался блок преджелудка. В третьем – анализировали уровень ФА имаго, собранных с участков природного очага чумы, где зарегистрированы или не зарегистрированы эпизоотии.

Основные результаты проведенных исследований в аспекте возможности использования оценки уровня ФА билатеральных признаков насекомых для характеристики взаимоотношений переносчика и возбудителя можно свести к шести положениям.

1. В Тувинском природном очаге чумы основным носителем является длиннохвостый суслик, а основным переносчиком – его специфичная блоха *C. tesquorum altaicus* [6, 7, 25]. Имаго для экспериментов собраны из двух популяций с Каргинского и Барлыкского участков очага [6]. Заражение блох возбудителем чумы проводили на агонирующих сусликах. Различий по уровню инфицирования у двух групп насекомых не выявлено, их исходная зараженность составила 100 %. Имаго подкармливали через день на интактных длиннохвостых сусликах. Образование бактериальных «глубок» отмечено у особей обеих популяций на 10-е сутки. Однако среди насекомых с Каргинского участка доля имаго с размножающимся чумным микробом составила 9,3, а Барлыкского – 48,4 % (рис. 1, А). Различия по этому показателю достоверны ($P < 0,01$), причем средний уровень ФА по четырем признакам хетотаксии у особей «Каргинской» популяции в два раза ниже, чем у имаго, собранных на Барлыкском участке Тувинского природного очага чумы [3, 22]. Доля заблокированных блох в обеих популяциях достоверно не различалась и составляла, соответственно, 2,3 и 6,5 % для особей из Каргинской и Барлыкской группировок.

2. В опыте с инсектарными культурами *C. tesquorum sungaris*, происходящими с двух удаленных неочаговых территорий (Тункинская долина в республике Бурятия и Усть-Ордынский бурятский нацио-



Средняя величина ФА (дисперсии разности) по четырем признакам

Рис. 1. Оценка характера взаимоотношений возбудителя чумы с имаго *C. tesquorum*, различающихся по уровню ФА:

А – интенсивность образования «глыбок» микроба в блохах из двух популяций Тувинского природного очага чумы;

Б – интенсивность образования микробом чумы полных блоков в блохах из двух популяций с неочаговых территорий

нальный округ в Иркутской области), показано, что уровень блокообразования выше у блох из группировки с большей долей асимметричных имаго (рис. 1, Б) [17, 22]. Заражение и подкормки имаго проведены на белых мышах. Таким образом, насекомые из популяций, расположенных вне природных очагов чумы («Тункинская» и «Усть-Ордынская») так же, как и собранные с энзоотических территорий, способны к трансмиссии возбудителя [3, 23]. То есть у определенной доли особей формируются блоки преджелудка, а у животных, инфицированных укусами блох, развивается бактериемия и септическая форма заболевания. Следовательно, способность к трансмиссии является видовым признаком, а межпопуляционные различия по исследованным показателям у насекомых, собранных в пределах природных очагов чумы, и там, где эта инфекция никогда не наблюдалась, имеют количественный характер.

3. Особей Каргинской популяции *C. tesquorum* после их разведения в течение ряда поколений в инсектарии заражали возбудителем чумы на биомембране. В отдельных опытах с периодичностью 2–3 сут проведено от 7 до 19 подкормок блох на белых мышах. После каждой подкормки имаго со сформированным блоком преджелудка отделяли и фиксировали в растворе этанола. Сравнение уровня флуктуирующей асимметрии по четырем признакам хетотаксии у блокированных и неблокированных самок (два независимых опыта) показало, что уровень ФА больше у блокированных особей в шести случаях из восьми, при этом в двух – различия достоверны. На рис. 2, А приведены данные, обобщенные для обоих опытов, по всем исследованным признакам. В эксперименте с самцами (один опыт) достоверно больший уровень ФА зарегистрирован у блокированных особей по сравнению с неблокированными по одному из четырех признаков при аналогичной тенденции в трех остальных случаях (рис. 2, Б) [17, 22].

4. Характер взаимоотношений имаго с возбудителем чумы у полученных в лаборатории гибридов от скрещивания двух подвидов блохи *C. tesquorum* изучали в трех поколениях (F1, F3 и F4). Имаго F1 получены путем гибридизации самок *C. t. sungaris* и

самцов *C. t. altaicus*, а особи F3 и F4 – из культуры от реципрокного скрещивания. Блох инфицировали возбудителем чумы на биомембране. Установлено, что у гибридов блоки преджелудка образуются чаще, чем у родительских подвидов, и они способны эффективно передавать возбудителя чумы белым мышам [24]. При этом в среднем по трем опытам уровень ФА у гибридов выше, чем у исходных форм (рис. 2, В) [22]. Кроме того, во всех вариантах опытов уровень ФА билатеральных признаков хетотаксии выше у блокированных особей по сравнению с неблокированными (рис. 2, В). Эти различия достоверны для *C. t. altaicus* и гибридов, но у *C. t. sungaris* при общей той же тенденции не достигают статистически значимого уровня. Таким образом, гибриды, то есть насекомые, не имеющие эволюционной истории, характеризуются повышенным уровнем ФА, обладают способностью к трансмиссии возбудителя, и у них формируются бактериальные блоки преджелудка.

5. Исследовано блокообразование и проявление уровня флуктуирующей асимметрии у имаго инсектарной культуры *X. cheopis*, зараженных возбудителем чумы на биомембране [19]. С этим видом блох проведено два опыта. Уровень ФА оценивали по трем признакам. Показано, что у *X. cheopis*, как и у блохи суслика *C. tesquorum*, имаго с блоками и без блоков преджелудка характеризуются разным уровнем онтогенетических шумов по признакам хетотаксии: у блокированных имаго уровень ФА достоверно выше (рис. 2, Г).

6. Вид *Amphalius runatus* в поливекторном Горно-Алтайском природном очаге чумы является одним из переносчиков возбудителя и характеризуется высокой численностью и способностью к передаче возбудителя чумы теплокровным животным, хотя возможность образования блоков преджелудка у него не подтверждена [14, 15, 21]. Имаго собирали с монгольской пищухи на различных участках эпизоотологического обследования. Анализировали среднюю величину уровня ФА по совокупности трех признаков хетотаксии самцов [20, 29]. Показано, что на участках, где эпизоотии чумы были зарегистрированы, уровень проявления асимметрии билатераль-

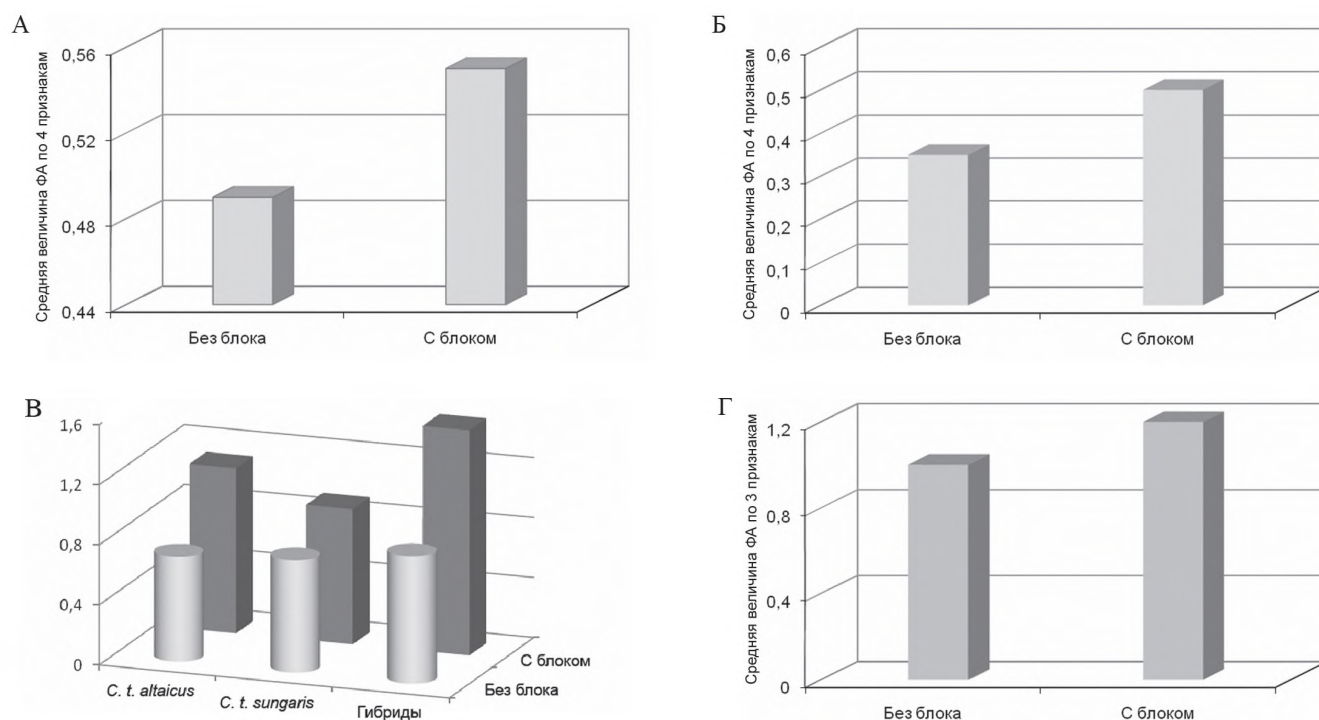


Рис. 2. Оценка уровня ФА у зараженных возбудителем чумы имаго с блоком и без блока преджелудка:

Самки (А) и самцы (Б) *C. tesquorum* Каргинской популяции блох из Тувинского природного очага чумы; В – инсектарные культуры блох двух подвидов *C. tesquorum* и гибридов между ними; Г – имаго *X. cheopis*

ных признаков у имаго выше, чем у насекомых, паразитирующих на пищуках с территорий, где в этот период времени эпизоотий не наблюдали (рис. 3).

Вся совокупность полученных данных подтверждает принципиальную возможность использования уровня ФА блох как маркера определенного характера взаимоотношений в системе паразит – хозяин. С одной стороны, ФА признаков хетотаксии у заблокированных насекомых или имеющих в их преджелудке конгломерат (глыбки) возбудителя выше, чем у имаго без видимых скоплений микроба. С другой стороны, при заражении вирулентными штаммами возбудителя чумы имаго из групп, исходно различающихся по уровню ФА, большая векторная способность характерна для блох с более сильными онтогенетическими шумами в проявлении признаков хетотаксии. Кроме

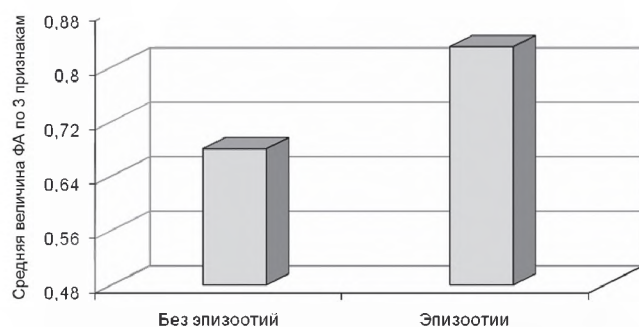


Рис. 3. Оценка уровня ФА у самцов *A. runatus*, собранных с монгольской пищухи на участках Горно-Алтайского природного очага чумы с эпизоотиями и без эпизоотий

того, она выше у насекомых с эпизоотическими участками по сравнению с блохами, собранными с территорий, где эпизоотии в это время не регистрируются. Эти различия выявлены как на внутривидовом, так и на межвидовом уровне у нескольких видов отряда *Siphonaptera*, а также у гибридных особей. Показано, что для более объективной характеристики особей по уровню ФА предпочтительнее проводить анализ нескольких признаков [16].

Таким образом, оценка уровня ассиметрии в проявлении билатеральных морф имаго блох является достаточно универсальным индикатором трансмиссивной способности насекомых. Как уже указывалось [2, 9–13, 22, 30], повышенный уровень ФА билатеральных признаков отражает меньшую устойчивость организмов к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды, который может возникать вследствие разбалансированности генома. В нашем случае, по-видимому, имаго, восприимчивые к заражению *Y. pestis* и способные к его передаче животным-прокормителям, при высоком уровне онтогенетических шумов обладают меньшей физиологической резистентностью к микробу. Известно, что уровень флуктуирующей ассиметрии наследственно детерминирован и при сравнении разных групп особей, содержащихся в одинаковых условиях, возможно выявление генотипических различий по этому признаку [9, 13]. Следовательно, не исключено, что между группами блох с наличием и отсутствием блока преджелудка существуют некоторые генотипические различия, проявляющиеся и в уровне ФА. Однако для однозначного вывода об этом нужны до-

полнительные исследования.

Данные молекулярно-генетических исследований возбудителя чумы последних лет указывают на относительно недавнее происхождение этого вида и, следовательно, о молодости самой паразитарной системы [26, 32–37]. Гораздо меньше информации по этому вопросу получено при исследовании других сочленов эпизоотической триады. Так, фактами, противоречащими представлениям о длительной коэволюции блох и *Y. pestis*, считают наличие в пределах одного рода *Siphonaptera* видов, существенно различающихся по эффективности передачи микроба; сходную эффективность передачи возбудителя блохами, принадлежащими к отдаленным родам; значительный «вред», который приносит возбудитель его эффективным переносчикам; относительно низкую эффективность трансмиссивного способа обеспечения циркуляции *Y. pestis* в природных очагах чумы; отсутствие преимуществ, которые микроб мог бы извлечь из эффективного способа передачи – блокированными блохами, так как и вектор и реципиент при этом быстро погибают [34, 35]. К разряду подобных фактов можно отнести описанную в работе способность к эффективной трансмиссии и формирование блоков преджелудка у блох, происходящих с неочаговых территорий и у гибридов. Вместе с тем более высокая восприимчивость к возбудителю у насекомых с неустойчивым гомеостазом (повышенным уровнем ФА) не несет информации о возможном времени эволюции системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апарин Г.П., Голубинский Е.П. Микробиология чумы (руководство). – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1989. – 91 с. – 2. Астауров Б.Л. Историко-биологические исследования. – М.: Наука, 1978. – С. 114–116. – 3. Базанова Л.П., Вержуцкий Д.Б., Никитин А.Я. и др. // Мед. паразитол. – 2004. – № 1. – С. 37–39. – 4. Балахонов С.В., Шестопалов М.Ю. // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2004. – Т. 2, № 1. – С. 34–38. – 5. Ващенко В.С. Блохи – переносчики возбудителей болезней человека и животных. – Л.: Наука, 1988. – 161 с. – 6. Вержуцкий Д.Б. // Паразитол. – 1999. – Т. 33, вып. 3. – С. 242–249. – 7. Воронова Г.А. // Эпидемиол. и профилактич. особо опасных инф. в МНР и СССР. – Улан-Батор, 1978. – С. 152–155. – 8. Воронова Г.А., Базанова Л.П. // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2004. – Т. 2, № 1. – С. 58–65. – 9. Гавриков Д.Е. Асимметрия билатеральных признаков природной популяции *Drosophila melanogaster* и ее сезонная динамика: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 2005. – 18 с. – 10. Галактионов Ю.К., Ефимов В.М., Николаева Н.Ф. и др. // Прогноз и интегрированная борьба с вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур. – Новосибирск, 1991. – С. 64–95. – 11. Евланов Е.А., Колокольникова С.Е. // Паразитол. – 1990. – Т. 24, вып. 4. – С. 309–314. – 12. Ефимов В.М., Галактионов Ю.К., Акимов А.А., Залозная Л.М. // Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки. – 1987. – С. 65–67. – 13. Захаров В.М. Асимметрия животных. – М.: Наука, 1987. – 216 с. – 14. Иннокентьева Т.И. Особенности экологии *Yersinia pestis altaica*: Дис. д-ра мед. наук в виде науч. докл. – Саратов, 1997. – 59 с. – 15. Иннокентьева Т.И., Корзун В.М., Машковский И.К. и др. // Паразитол. – 2004. – Т. 38, вып. 4. – С. 273–287. – 16. Корзун В.М., Никитин А.Я. // Мед. паразитол. – 1997. – № 1. – С. 34–36. – 17. Корзун В.М., Никитин А.Я., Базанова Л.П. и др. // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2004. – Т. 2, № 1. – С. 89–94. – 18. Корзун В.М., Никитин А.Я., Токмакова Е.Г. // Зоол. журн. – 1998. – Т. 77, № 2. – С. 209–215. – 19. Корзун В.М., Токмакова Е.Г., Базанова Л.П., Воронова Г.А. // Карантинные и зоонозные инф. в Казахстане. – Алматы, 2000. – Вып. 2. – С. 122–127. – 20. Корзун В.М., Токмакова Е.Г., Машковский И.К., Михайлов Е.П. // Журн. инф. патол. – Иркутск, 1998. – Т. 5, № 4. – С. 35–37. – 21. Машковский И.К. Очерк популяционной экологии блох монгольской пищухи в Горно-Алтайском природном очаге чумы в связи с их эпизоотологическим значением: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Саратов, 1987. – 28 с. – 22. Никитин А.Я. Динамика численности популяций членистоногих и совершенствование приемов борьбы с видами-переносчиками болезней человека: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Иркутск, 2006. – 47 с. – 23. Никитин А.Я., Базанова Л.П. // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2003. – № 3. – С. 152–155. – 24. Никитин А.Я., Базанова Л.П., Нечаева Л.К. и др. // Мед. паразитол. – 1995. – № 4. – С. 14–17. – 25. Попков А.Ф. Этиология, эпидемиология и диагностика инфекционных заболеваний Восточной Сибири. – Иркутск, 1992. – С. 151–157. – 26. Смирнова Н.И., Кутырев В.В. // Мол. генет., микробиол. и вирусол. – 2006. – № 2. – С. 9–19. – 27. Сулейменов Б.М. Трансмиссия возбудителя чумы «неблокированными» блохами: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Алматы, 1995. – 48 с. – 28. Тимофеева Л.А. // Изв. Иркут. гос. ИГЧИ Сибири и ДВ. – 1959. – Т. 22. – С. 10–16. – 29. Токмакова Е.Г. Динамика фенетической структуры населения блохи *Amphalius runatus* (J. et R., 1923) в Горно-Алтайском природном очаге чумы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Иркутск, 1998. – 21 с. – 30. Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шидрин Д.Я. Биомониторинг воздействия горно-добывающей промышленности на наземные экосистемы Севера: Морфогенетический подход. – Новосибирск: Наука, 2003. – 110 с. – 31. Яковлев В.Н., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н. // Науч. докл. высшей школы. Биол. науки. – 1981. – № 2. – С. 95–101. – 32. Achtman M., Morelli G., Zhu P. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2004. – Vol. 101, N 51. – P. 17837–17842. – 33. Anisimov A.P., Linder L.E., Pier G.B. // Clin. Microbiol. Rev. – 2004. – Vol. 17, N 2. – P. 434–464. – 34. Duplantier J.M., Duchemin J.B., Chanteau S., Carniel E. // Vet. Res. – 2005. – Vol. 36. – P. 437–453. – 35. Hinnebusch B.J. // Curr. Issues Mol. Biol. – 2005. – Vol. 7. – P. 197–212. – 36. Wren B. // Microbiol. – 2003. – Vol. 1. – P. 55–64. – 37. Zhou D., Han Y., Song Y. et al. // J. Bacteriol. – 2004. – Vol. 186. – P. 5138–5146.

A.Ya.Nikitin, V.M.Korzun, E.G.Tokmakova, L.P.Bazanova

Asymmetry in the Expression of Bilateral Morphs as an Indicator Showing the Character of Interrelations Between Fleas and the Plague Pathogen

Irkutsk Anti-Plague Research Institute for Siberia and the Far East

The level of fluctuating asymmetry (FA) of bilateral signs in fleas was shown to reflect a certain character of their interrelations with *Yersinia pestis*. Flea imagoes that had bacterial aggregations in their proventriculus demonstrated greater signs of FA chaetotaxy. Besides, in the experiments with groups of fleas originally differing in the intensity of FA expression, increased vector capacity was characteristic of individual fleas with higher levels of this index or those caught in the areas of the natural foci where epizootics had been registered. These peculiar interrelations manifested themselves both at intra- and inter-population levels in several species of *Siphonaptera* order, as well as in the imago hybrids originating from crosses between *C. tesquorum altaicus* and *C. t. sungaris*.

Key words: fleas, plague pathogen, proventriculus block, fluctuating asymmetry, bilateral signs, epizootics, hybrids.

Поступила 12.03.07.