

### Динамика активности природных очагов опасных инфекционных болезней на территории Приволжского федерального округа, причинно-следственные связи

Удовиков А. И., доктор биол. наук; Ящечкин Ю. И., кандидат мед. наук;  
Тарасов М. А., доктор биол. наук; Толоконникова С. И., кандидат биол. наук;  
Рябова А. В. ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора РФ, 410005, г. Саратов, ул. Университетская, 46

**На примере Приволжского Федерального Округа (ПФО) сделана попытка анализа причинно-следственных связей внешних факторов и активности природных очагов инфекций. Сопоставлены такие важные параметры, как численность носителей и переносчиков, их инфицированность и показатель заболеваемости населения.**

**Ключевые слова: природные очаги болезней, факторы очаговости, динамика активности.**

Причины, определяющие динамику активности природных очагов инфекционных болезней, изучают давно. Однако ясности в этом вопросе нет и в настоящее время. Очевидно, что характер пространственных и временных проявлений эпизоотической и эпидемической активности определяется целым рядом факторов.

Приволжский Федеральный Округ (ПФО) занимает одно из первых мест по заболеваемости природно-очаговыми инфекциями. Основную долю (порядка 95% и более) среди них составляют три инфекционных болезни, природные очаги которых являются сочетанными: геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС), клещевой боррелиоз и клещевой вирусный энцефалит. При этом заболеваемость ГЛПС составляет 87,6% от таковой в Европейской части России и 86,2% от всей заболеваемости, зарегистрированной в целом по РФ [8]. Интенсивный показатель заболеваемости упомянутыми инфекциями в 14 субъектах ПФО в значительной степени различается. На основании статистических данных доверительных показателей уровня заболеваемости для периода 2000–2009 гг. выделено 4 группы территорий, отличающихся по уровню заболеваемости. К первой группе с чрезвычайно высоким уровнем заболеваемости отнесены Республики Башкортостан и Удмуртия; ко второй группе с высоким уровнем заболеваемости – Республика Марий Эл и Татарстан, Оренбургская область; к третьей группе со средним уровнем заболеваемости – Республики Мордовия и Чувашия, Пермский край, Пензенская, Самарская и Ульяновская области; к четвертой группе с низким уровнем заболеваемости – Кировская, Нижегородская и Саратовская области [2].

Границы этих категорий достаточно условны, поскольку каждый год интенсивность проявления природно-очаговых болезней, естественно, меняется. Так, по другим данным первенство по клещевым инфекциям (боррелиоз и энцефалит) в ПФО принадлежит Кировской области, Пермскому краю и Республике Удмуртии [1].

Тем не менее, в первую категорию, безусловно, попадают Удмуртская Республика и Республика Башкортостан, причем подобная картина наблюдается ежегодно, т. е. эти территории можно назвать зонами повышенной эпизоотической и эпидемической активности (эпизоотическое ядро).

Подобные ситуации принято объяснять высокой численностью носителей и переносчиков, в данном случае в первую очередь рыжей полевки и иксодовых клещей. Однако, по нашему мнению, необходимо различать две стороны вопроса, касающегося характера сопряженности численности носителей и переносчиков с уровнем инфицированности (и заболеваемости): статистический аспект и экология возбудителя (его биоритмы).

Очевидно, что даже с чисто математических позиций с повышением численности носителей и переносчиков увеличивается и вероятность инфицирования. К примеру, при помощи квантильного анализа были выделены интервалы эпидемиологически значимых уровней численности грызунов и установлен минимальный порог (до 3% попаданий на 100 ловушко-суток), при котором происходит прерывание цепи передачи возбудителя ГЛПС [5]. Уровень численности популяций носителей и переносчиков является и одной из основных составляющих краткосрочных и долгосрочных прогнозов активности природных очагов [4].

#### Материалы и методы

С целью более точного определения взаимосвязей между показателями, в той или иной мере влияющих на состояние очагов на территории всего ПФО, нами была составлена матрица корреляции, определяющая наличие и степень статистической зависимости между случайными переменными. Меру корреляции между показателями измеряли с помощью коэффициента корреляции Пирсона –  $r$ , изменяющегося в пределах от 1.00 до + 1.00. Значение «–1.00» означает строгую

отрицательную корреляцию, тогда как значение коэффициента «+1.00» означает строгую положительную корреляцию между переменными. Значение «0.00» указывает на отсутствие корреляционных связей. Наличие корреляций между переменными, не являющимися независимыми друг от друга, такими как общая численность грызунов и численность определенного вида (рыжей полевки, к примеру), в анализе не учитывали, как случайные ошибки автокорреляции. Также в анализе учитывали найденные корреляции только между переменными, имеющими прогностическое значение. Достоверные корреляции были выявлены между следующими показателями:

1. Инфицированность грызунов весной – численность рыжей полевки весной:  $r = 0,63$ ;
2. Инфицированность грызунов весной – инфицированность грызунов осенью предыдущего года:  $r = 0,61$ ;
3. Инфицированность грызунов весной – значения чисел Вольфа:  $r = 0,73$ ;
4. Численность грызунов весной – значения чисел Вольфа:  $r = 0,83$ ;
5. Численность рыжей полевки весной – температура весной:  $r = 0,59$ ;
6. Инфицированность грызунов осенью текущего года – численность рыжей полевки весной текущего года:  $r = 0,68$ ;
7. Инфицированность грызунов осенью текущего года – численность рыжей полевки осенью текущего года:  $r = 0,60$ .

8. Численность грызунов осенью текущего года – температура осенью текущего года:  $r = -0,60$ ;

Коэффициент корреляции  $r$  в диапазоне 0,5–0,7 оценивается по шкале Чеддока как заметная степень связи между факторами, 0,7–0,9 – как высокая степень связи. В связи с этим представляется возможным использование данных показателей в построении прогностической модели эпизоотической активности очагов ГЛПС на следующий сезон. Полученные результаты подтверждают теоретические данные о том, что численность именно рыжей полевки является определяющим фактором в динамике эпизоотической активности очагов ГЛПС. При этом была выявлена зависимость сезонной инфицированности грызунов от численности рыжей полевки и общей инфицированности в предыдущий сезон. Стоит отметить, что методы корреляционного анализа позволяют обнаружить только числовые зависимости, но не лежащие в их основе причинно-следственные связи. Поэтому решение о значимости тех или иных факторов-переменных остается на усмотрение эксперта в данной области, который при этом способен учесть влияние дополнительных факторов, не учтенных в анализе.

Вполне доказательны и результаты анализа данных за десятилетний срок (2004–2013 гг.), которые были получены нами при сопоставлении

трех параметров: А – среднегодовой относительной численности носителей, В – их инфицированности и С – интенсивного показателя заболеваемости населения ГЛПС в трех регионах: Республика Башкортостан, Ульяновская и Саратовская области. Статистический анализ проведен в системе STATISTICA 7.0.

### Обсуждение

Несомненно, что ограничение численности носителей и переносчиков до настоящего времени является одним из самых эффективных методов профилактики инфекционных болезней [6].

Однако, по нашему мнению, подобная зависимость имеет чисто математическую основу, динамика же численности популяций микроорганизмов подчиняется собственной автономной программе. Доказано наличие как ультрадианных ритмов биологических свойств патогенных прокариот. Микроорганизмы одного биотопа подвержены одинаковым воздействиям со стороны окружающей среды (макроорганизма, ассоциативной микробиоты, абиотических факторов и др.), что и объясняет сходство их хронобиологических характеристик [7].

В последние годы накоплены многочисленные данные, свидетельствующие о способности бактерий осуществлять координированную деятельность (quorum sensing), что необходимо для выживания популяций микроорганизмов в меняющихся экологических условиях [8]. Причем обмен информацией идет и на межвидовом уровне [12]. Есть данные, свидетельствующие о том, что более выраженные подъемы заболеваемости, формирующие цикличность и реализующиеся вследствие изменения биологической активности возбудителя, возникают при получении им сигнала о том, что существует возможность такой реализации [11]. Мнение о том, что микроорганизмы, живущие в человеческих коллективах, сами создали себе сезонные и циклические колебания инфицированности [13], очевидно, можно отнести и на счет природно-очаговых популяций прокариот.

Этим можно объяснить в большом количестве случаев факт отсутствия строгой корреляции между численностью носителей, переносчиков и интенсивностью эпизоотий, выявленной на основе многолетних и масштабных исследований природных очагов чумы [12]. Межэпизоотические периоды, единичные проявления чумы на фоне высокой численности носителей и переносчиков (последний пример – выделение трех культур чумы от блох на территории Прикаспийского песчаного очага чумы осенью 2013 года с последующей активизацией весной 2014 года) в свете вышеизложенного вполне объяснимы.

Изучение взаимосвязей между параметрами (А, В, С) по каждой области дало следующие результаты. Базовый корреляционный анализ показал слабую корреляцию между всеми тремя показателями, с небольшой положительной взаимосвязью между А и С в двух областях (Башкортостан, Саратовская область). Корреляция Спирмена с высокой степенью достоверности и со средней степенью значимости выявлена в Ульяновской области между показателями А и В ( $r = -0,62$ ,  $p < 0,025$ ). По другим же параметрам корреляция отсутствует. Рассмотрение корреляции по показателям также выявляет ее полное отсутствие между районами, что свидетельствует о влиянии в каждом районе специфических факторов.

Факторный анализ основных компонент по Республике Башкортостан также выявил показатели А и С как значимые, и поэтому их можно рассматривать как важные при оценке эпидемиологического состояния территорий (факторный показатель имеет значение более 0,7, что считается достоверным). Подключение к анализу числа Вольфа (W) как независимого от территории фактора показало различное участие исследуемых показателей в эпидемиологическом процессе по каждой из областей. Эта тенденция выявлялась как при корреляционном анализе, так и при факторном, где она выявляется более наглядно. Особое место занимает Башкортостан, где в отличие от двух других областей показатели С и W имеют разную направленность. Полученные на этом этапе данные позволили выбрать основные компоненты для проведения регрессионного анализа с целью выявления закономерностей процесса в каждой из областей.

В результате проведенного анализа по каждой области получены уравнения регрессии, с достаточно высокими показателями достоверности прогнозирования показателя С.

В Республике Башкортостан для построения регрессионной модели использованы показатели В и W. В этом случае регрессионная модель предсказывает с вероятностью 95 % более 60 % случаев. В Ульяновской области для построения регрессионной модели использован показатель W. В результате модель предсказывает с вероятностью 95 % более 50 % случаев. В Саратовской области при использовании показателя W регрессионная модель предсказывает с вероятностью 95 % более 70 % случаев.

Приведенные данные в очередной раз показывают возможную значимость гелио-биологических связей в функционировании природно-очаговых систем. Космические факторы, очевидно, имеют гораздо большую значимость в эпизоотологии и эпидемиологии, чем представляется в настоящее время: ранее подобная тенденция нами отмечена между активностью природных очагов чумы и величины долгопериодной части приливов, образуемой силой Луны и Солнца [9].

Еще одно предлагаемое объяснение наличия зоны повышенной активности природного очага – это совпадение с оптимумом носителя (при ГЛПС – ареала рыжей полевки). Однако ареал этого грызуна занимает огромное пространство Евразии и его оптимум значительно шире ядра эпизоотической активности. Здесь вновь можно провести аналогию с природными очагами чумы, когда ареал основных носителей значительно шире зоны проявления энзоотии. Очевидно, причина стойкого укоренения и повышенной активности природных очагов (в том числе сочетанных) инфекционных заболеваний различной этиологии объясняется комплексом факторов. За последние 10 лет заболеваемость, к примеру, ГЛПС в ПФО, по сравнению с предыдущей декадой (1990–1999 гг.), увеличилась с 67779 до 73810 случаев, а с 80-х годов – более чем в 3 раза [8]. Рост лоймо-потенциала европейских лесных очагов в первую очередь, очевидно, связан с трансформацией очаговых экосистем, которая активизировалась в последнее время на фоне изменений климата, в том числе, в умеренных широтах Евразии. Наиболее наглядно это проявляется на примере постепенной смены устоявшейся популяционной структуры носителей. К примеру, доминирующий вид и основной носитель рыжая полевка в ряде регионов (Свердловская, Челябинская области) в последние годы замещается (или вытесняется) такими видами как обыкновенная полевка, лесная и домовая мыши.

Результаты мониторинга современного климата России показывают, что в последние годы тенденция к потеплению значительно усилилась. Так, за период 1990–2000 гг., по данным наблюдений наземной гидрометеорологической сети Росгидромета, среднегодовая температура приземного воздуха в России возросла на 0,4°C, тогда как за все предыдущее столетие прирост составил 1,0°C.

### Выводы

Ареал возбудителей природно-очаговых болезней определяется не только биотической составляющей. Временные и пространственные проявления активности очагов часто не зависят от состояния популяций носителей и переносчиков и имеют свой автономный ритм, определяемый состоянием популяций того или иного вида возбудителя (под влиянием космических, климатических и эдафических условий).

### Список использованной литературы References

1. Завальский Л. Ю., Штанников А. В., Бикетов Д. С. и др. Сравнительный анализ заболеваемости клещевым боррелиозом и клещевым энцефалитом в регионах Российской Федерации с

помощью географических информационных систем за период 2000–2006 гг. // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2010, № 6. – С. 4–10. /Zavalskij L. Y., Shtannikov A. V., Biketov D. S. i dr. Sravnitelnyj analiz zabolevaemosti klezhevym borrelioz om i klezhevym jencefalitom v regionah Rossijskoj Federacii s pomoshhju geograficheskikh informacionnyh system za period 2000-2006 gg. //Jepidemiologija i infekcionnye bolezni. 2010, №6.– S. 4–10 (in Russian).

**2. Кологоров А. И., Дмитриева Л. Н., Шиянова А. Е. и др.** Эпидемиологическая ситуация по природно-очаговым и зоонозным инфекциям в Приволжском федеральном округе // Проблемы особо опасных инфекций. 2010. Вып. 2(104). – С. 5–10. /Kologorov A. I., Dmitrieva L. N., Shiyanova A. E. i dr. Jepidemiologicheskaya situaciya po prirodno-ochagovym i zoonoznym infekciyam v Privolzhskom federalnom okruge//Problemy osoboopasnyh infekzij. 2010. Vyp. 2(104). – S. 5–10. (in Russian).

**3. Куклева Л. М., Ерошенко Г. А.** Межклеточная коммуникация quorumsensingu патогенных бактерий рода *Yersinia*//Проблемы особо опасных инфекций, 2009., вып. 4(102). – С. 54–59. /Kukleva L. M., Eroshenko G. A. Mezhhkletochnaja kommunikacija quorumsensingu patogennyh bakterij roda *Yersinia*//Problemy osoboopasnyh infekzij. 2010. Vyp. 4(102). – S. 54–59. (in Russian).

**4. Попов Н. В., Топорков В. П., Безсмертный В. Е. и др.** Долгосрочный прогноз эпизоотической активности природных очагов чумы в Российской Федерации как основа повышения эффективности профилактических мероприятий// Жизнь без опасностей. 2012, № 3, Т. 7.–С. 14-17/ Popov N. V., Toporkov V. P., Bezsmertnyj V. E. i dr. Dolgosrochnyj prognoz jepizooticheskoj aktivnosti prirodnyh ochagov chumy v Rossijskoj Federacii kak osnova povyshenijay effektivnosti profilakticheskikh meropriyatij//Zhizn bez opasnostej. 2012, №3, Т. 7. – S. 14–17. (in Russian).

**5. Рябов С. В., Попов Н. В.** Оценка эпизоотической активности природных очагов геморрагической лихорадки с почечным синдромом и прогноз заболеваемости//Эпидемиология и гигиена. 2012, № 3.– С. 7–12. /Rjabov S. V., Popov N. V. Ocenka jepizooticheskoj aktivnosti prirodnyh ochagov gemorragicheskoi lihoradki s pochechnym sindromom i prognoz zabolevaemosti//Jepidemiologiya i gigiena. 2012, № 3.– S. 7–12. (in Russian).

**6. Тарасов М. А., Поршаков А. М., Рябова А. В. и др.** Эффективные методы дератизации в очагах ГЛПС и других природно-очаговых инфекционных болезней (аналитический обзор)// Дезинфекционное дело. 2012, № 4. – С. 52–57. /Tarasov M. A., Porshakov A. M., Ryabova A. V. idr. Jefferktivnye metody deratizacii v ochagah GLPS i drugih prirodno-ochagovyh infekcionnyh boleznej (analiticheskij obzor)//Dezinfekcionnoe delo. 2012, № 4. – S. 52–57. (in Russian).

**7. Тимохина Т. Х.** Временная организация биологических свойств патогенных микроорга-

низмов. Диссертация на соискание ученой степени д. б. н. Оренбург. 2011. – 46 с. /Timohina T. H. Vremennaja organizacija biologicheskikh svoistv patogennyh mikroorganizmov. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni d. b. n. Orenburg. 2011. – 46 s. (in Russian).

**8. Ткаченко Е. А., Бернштейн А. Д., Дзагурова Т. К. и др.** Актуальные проблемы геморрагической лихорадки с почечным синдромом //ЖМЭИ. 2013. № 1. – С. 51–59. /Tkachenko E. A, Bershtein A. D, Dzagyrova T. K. i dr. Aktualnyye problemy gemorragicheskoi lihoradki s pochechnym sindromom// JMEI, 2013, № 1. –S. 51–59. (in Russian).

**9. Удовиков А. И.** Биогеоценотические особенности проявлений энзоотии чумы: дисс. к. б. н. Саратов. 1993. – 24 с./Diss. k. b. n. Saratov, 1993. – 24 s. (in Russian).

**10. Удовиков А. И.** Динамика эпизоотической активности природных очагов чумы европейского юго-востока России: прогноз на начало XXI столетия. Дисс. д. б. н. Саратов. 2010. – 46 с./Diss. d. b. n. Saratov. 2010. – 46 s. (in Russian).

**11. Яковлев А. А.** О возможных механизмах формирования цикличности и сезонности в эпидемическом процессе//Эпидемиология и инфекционные болезни. 2012, №4. –С. 58–62/Яковлев А. А. O vozmozhnyh mehanizmah formirovanija ciklichnosti i sezonnosti v jepidemicheskom processe//Jepidemiologija i infekcionnye bolezni. 2012, №4. – S. 58–62. (in Russian).

**12. Schuster M., Urbanowski M., Greenberg E.** Promoter specificity in *Pseudomonas aeruginosa* quorum sensing revealed by DNA binding of purified LasR//Proc. Natl. Acad. Sci.USA. 2004., 101(45): 15833–9.

**13. Popat R., Crusz S., Diggle S.** The social behaviours of bacterial pathogens. British Medical Bulletin. 2008; 87:63–75.

#### Dynamics of the infectious diseases natural foci activity on the territory of the Volga Federal district, cause-effect relation

*Udovikov A. I., Doctor of Biology; Yashechkin Y. I., Associate of Medical Sciences; Tarasov M. A., Doctor of Biology; Tolokonnikova S. I., Associate of Biological Sciences; Ryabova A. V.; Rospotrebnadzor Federal Government Health Institution Russian Research Anti-Plague Institute «Microbe», 410005, Saratov, Universitetskaya St., 46*

On the example of the Volga Federal District (PFD) it was made an attempt to analyze the cause-effect relation of external factors and activity of infections natural foci. Important parameters such as the number of carriers and vectors, the infestation rate and population incidence have been mapped

Keywords: natural foci of disease, factors foci, epizootic activity dynamics.