

В.М.Дубянский

## МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО КОЛОНИЙ БОЛЬШОЙ ПЕСЧАНКИ (*RHOMBOMYS OPIMUS* LIHT., 1823, *RODENTIA*, *CRICETIDAE*), НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭПИЗООТИИ ЧУМЫ В МОДЕЛИ

ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт», Ставрополь,  
Российская Федерация

Известно, что при депрессиях численности большой песчанки обитаемые колонии часто сохраняются в виде групп с различным количеством колоний. Целью исследования было определение минимально возможного количества обитаемых колоний, среди которых возможна циркуляция чумного микроба. С использованием компьютерной модели чумного эпизоотического процесса установлено, что при определенных условиях эпизоотия чумы может длительно (в течение условного года) продолжаться в группе из 25 обитаемых колоний. Этот показатель достаточно близок к известным данным о количестве и распределении колоний во время глубоких депрессий численности. Таким образом, циркуляция чумного микроба может осуществляться даже в периоды глубоких депрессий численности большой песчанки.

*Ключевые слова:* чума, эпизоотия, большая песчанка, модель.

V.M.Dubyansky

### Minimum of Great Gerbil Colonies (*Rhombomys opimus* Liht., 1823., *Rodentia*, *Cricetidae*) Necessary for Plague Epizooty Development in the Model

Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation

It is commonly known that under gerbil population depression habitable colonies are preserved as groups with varying number of colonies. In this connection, objectives of the study have turned out to be determination of minimum threshold number as regards habitable colonies where plague microbe circulation takes place. With the help of the computer model for plague epizootic process development determined is the fact that plague epizooty can last for a long while within the group of 25 habitable great gerbil colonies under certain conditions. This measure is reasonably close to the known factual evidence concerning a number and distribution of colonies at the time of major population depression. Therewith, one can conclude that plague microbe circulation can take place even in the course of major great gerbil population depression.

*Key words:* plague, epizooty, great gerbil, model.

Моделирование чумного эпизоотического процесса в поселениях грызунов, в том числе и больших песчанок, на ЭВМ позволяет получать количественные параметры эпизоотии, недоступные для непосредственного наблюдения в природе [2, 6, 8, 9, 10]. Одним из важных, но до сих пор неисследованных, количественных параметров чумного эпизоотического процесса является минимально возможная величина очажка чумных колоний, в котором вероятно долговременное циркулирование чумного микроба [3]. Известно, что при депрессиях численности большой песчанки обитаемые колонии часто сохраняются в виде групп с различным количеством колоний, располагающихся, вероятно, в станциях переживания [1, 5]. Целью исследования было определение, возможна ли циркуляция чумного микроба в таких группах, что позволит лучше понять механизм его сохранения в межэпизоотический период.

Задачей исследования было определить минимальное количество колоний большой песчанки, достаточное для долговременного течения эпизоотического процесса. Для решения поставленной задачи использована созданная автором модель, адекватность которой природному аналогу установлена предшествующими исследованиями [2].

### Материалы и методы

Основные параметры и характеристики модели неоднократно опубликованы [2, 11], поэтому ограничимся описанием основных понятий и терминов, используемых в данной статье.

*Вероятность успеха передачи* – вероятность успеха однократной попытки передачи чумного микроба с «заражающей» колонии на «незараженную».

*Коэффициент заражения колоний* – количество попыток заражения колоний одной «заражающей» колонией за один цикл. Термин заимствован у В.Ю. Литвина и соавт. [4], однако фактически в нашем случае он аппроксимирует коэффициент заражения в понимании указанных авторов и коэффициент передачи в понимании И.С. Солдаткина и соавт. [9].

*Уровень (величина) эпизоотического контакта* – это величина, аппроксимирующая вероятность успеха передачи и коэффициент заражения, при которых происходит передача возбудителя от колонии к колонии.

Следует пояснить биологический смысл понятий «Вероятность успеха передачи» и «Коэффициент заражения колоний». Если использовать понятийный аппарат трансмиссивной передачи чумного микроба, то «Вероятность успеха передачи» – это вероятность,

с которой на соседнюю колонию может быть занесена чумная блоха (или забежать больной зверек), в результате чего микробиоценоз колонии будет вовлечен в эпизоотический процесс. «Коэффициент заражения колоний» показывает, сколько раз мог происходить такой занос (например, песчанка может забегать на «незараженную» колонию 2 раза, или 10 раз и т. д.). Таким образом, возможность передачи чумного микроба с «заражающей» колонии на «незараженную» вычисляется как произведение вероятности успеха передачи на коэффициент заражения:

$$L = C_i \cdot C_j$$

где  $L$  – уровень эпизоотического контакта,  $C_i$  – коэффициент заражения,  $C_j$  – вероятность успеха передачи.

Необходимо учесть, что параметры «Вероятность успеха передачи» и «Коэффициент заражения колоний» неравноценны в алгоритме работы модели, но обсуждение нюансов их использования выходит за рамки статьи.

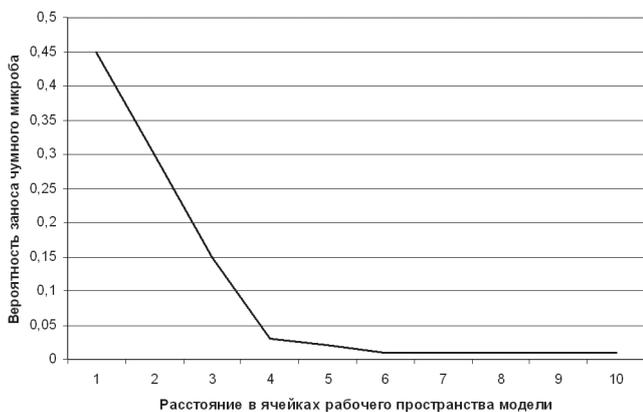
Распределение вероятностей «заноса» чумного микроба в модели из «зараженной» колонии в окружающие, примерно, соответствует данным прямого моделирования заноса блох и данным по забегам большой песчанки на соседние колонии [10, 12] и распределяется по биномиальному закону (рисунок).

Уровень эпизоотического контакта менялся, в основном, за счет изменения экспериментатором коэффициента заражения колоний. Вероятность успеха передачи в проводимых экспериментах равна единице, кроме специально оговоренных случаев. Количество колоний изменяется экспериментатором.

Колонии в модельном поле располагались равномерно, в узлах прямоугольной решетки с равными сторонами, образованной клетками модельного поля.

Развитие эпизоотического процесса считалось устойчивым, если эксперимент успешно воспроизводился не менее 11 раз, что соответствует не случайности результата 0,999 [7]. Длительность каждого эксперимента – 36 циклов заражения, что соответствует одному модельному году.

Изначально в модели все колонии считаются обитаемыми, эпизоотический процесс начинался с одной «зараженной» колонии. Максимальный раз-



Вероятность заноса чумного микроба в колонию в рабочем пространстве модели

мер модельного пространства был определен как  $100 \times 100$  ячеек, что при масштабе, установленном экспериментатором (одна ячейка = 30 м) соответствует территории 900 га. Первоначально «зараженную» колонию размещали в центре между четырьмя другими колониями, чтобы исключить «краевой» эффект, так как в случае попадания «зараженной» колонии на край поселения, вероятность «заражения» соседних колоний будет искусственно занижена. Первоначальное (оно же максимальное для эксперимента) значение коэффициента заражения равно 10. Максимальное расстояние между колониями – 10 ячеек.

## Результаты и обсуждение

Минимальное количество колоний, необходимое для развития эпизоотии в течение условного года, оказалось равно 50 при максимальных значениях вероятности успеха передачи, коэффициента заражения и расстояния между колониями. При уменьшении расстояния между колониями до 8 ячеек, эпизоотический процесс развивался на 40 колониях, а при уменьшении расстояния до 7 ячеек, потребовалось 60 колоний. С этого момента при каждом уменьшении расстояния между колониями и, соответственно, усилением вероятности контакта, количество колоний, необходимых для устойчивого поддержания эпизоотического процесса, росло. Максимальная величина эпизоотического контакта приводит к тому, что при возрастании количества колоний (и их плотности на единицу площади) происходит одновременное «заражение» максимально возможного количества соседей. При расстоянии в четыре ячейки «зараженными» становятся все колонии в пределах дистанции заноса чумного микроба. При заданных параметрах эпизоотического процесса пространственная структура эпизоотии представляет «слоеный пирог» или «волну» [2, 13], состоящую из внешнего слоя, от первоначально «зараженной» колонии, слоев колоний «зараженных», «иммунных» и готовых к повторному заражению.

Неравномерность фаз эпизоотического процесса как одно из обязательных условий его длительного существования исчезает, и процесс вырождается [2]. Это происходит при превышении порога в 50 колоний и дистанции в шесть ячеек между ними. Для избавления от эффекта «волны» можно попытаться уменьшить уровень эпизоотического контакта. Результат эксперимента представлен в таблице. Уменьшением коэффициента заражения не удается снизить уровень эпизоотического контакта до значений, при которых бы чумной микроб стабильно циркулировал в группе из менее 400 колоний при расстоянии между ними в четыре ячейки. Поэтому экспериментально уменьшался как коэффициент заражения, так и вероятность успеха передачи. Минимальное количество колоний равно 25, при уровне эпизоотического контакта, равном единице.

Уровень эпизоотического контакта, расстояние между колониями и минимальное количество колоний, при котором возможна длительная циркуляция чумного микроба

Уровень эпизоотического контакта	Кол-во колоний	Расстояние между колониями (в ячейках)
10	50	10
10	40	8
10	60	7
10	50	6
10	70	5
10	400	4
6,40*	60	4
1,2*	40	2
1,14*	30	2
1,0	25	0

\*Экспериментатором изменялись и коэффициент заражения, и вероятность успеха передачи.

Исследования, проведенные во время депрессий численности большой песчанки в ряде регионов, в том числе на Мангышлаке с 1967 по 1969 год, в Южном Прибалхашье с 1981 по 1985 год [1, 5], показали, что обитаемые колонии больших песчанок располагаются как по одиночке, так и в виде скопления от 5 до нескольких десятков нор. В этих скоплениях обитаемых колоний, величиной от 25 шт. и более, вероятно циркуляция чумного микроба. Расчет интенсивности эпизоотии, проведенный на модели, показал, что для группы в 25 колоний наиболее частое количество одновременно «зараженных» колоний (мода ряда) составляет 5 шт. Понятно, что при стандартном эпизоотологическом обследовании обнаружить как саму группу колоний, так и эпизоотию в ней весьма сложно.

На модели продемонстрировано, что чумной эпизоотический процесс может развиваться как в небольших поселениях с редко расположенными колониями (расстояние в масштабе модели 300 м), так и в компактных группах. Минимальное количество колоний, в которых развивалась эпизоотия при заданных параметрах модели, – 25 шт. Эти показатели достаточно близки к известным данным о количестве и распределении колоний во время глубоких депрессий численности. При этом количество колоний, в которых наличествует чумной микроб на момент обследования, в большей части случаев, невелико.

Таким образом, предварительные исследования модели показали, что циркуляция чумного микроба может осуществляться даже в периоды депрессии численности большой песчанки и не улавливаться при стандартном эпизоотологическом обследовании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубровский Ю.А., Митропольский Ю.В., Урманов Р.А., Третьяков Г.П., Закиров Р.Х., Саржинский В.А., Фоттелер Э.Р. Закономерности размещения больших песчанок в период глубокой многолетней депрессии численности в Центральных Кызылкумах. В кн.: Песчанки – важнейшие грызуны аридной зоны СССР. Ташкент: Фан; 1989. С. 42–4.
2. Дубянский В.М., Бурделов Л.А. Компьютерная модель чумного эпизоотического процесса в поселениях большой песчанки *Rhombomys opimus*: описание и проверка адекватности. Зоол.

журн. 2010; 89(1):79–87.

3. Дятлов А.И. О достоверности многолетних обследований зон выноса возбудителя чумы. Пробл. особо опасных инф. 1970; 6(16):132–6

4. Литвин В.Ю., Карулин Б.Е., Водоморин Н.А., Охотский Ю.В. Радиоизотопное моделирование эпизоотийных ситуаций и стохастическая модель эпизоотии туляремии в омете. В кн.: Фауна и экология грызунов. М.: Изд. МГУ; 1980. Т. 14. С. 63–84.

5. Марин С.Н., Камнев П.И., Коринфский А.Н., Никитенко Г.И. Депрессия численности большой песчанки на Мангышлаке. Пробл. особо опасных инф. 1970; 4(14):149–57.

6. Попов Н.В. Дискретность – основная пространственно-временная особенность проявлений чумы в очагах сусликового типа. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та; 2002. 192 с.

7. Райфа Г. Анализ решений. М.: Наука; 1977. 407 с.

8. Слудский А.А., Дерятко К.И., Головки Э.Н., Агеев В.С. Гиссарский природный очаг чумы. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та; 2003: 248 с

9. Солдаткин И.С., Родниковский В.Б., Руденчик Ю.В. Опыт статистического моделирования эпизоотического процесса при чуме. Зоол. журн. 1973; 52(5):751–6.

10. Солдаткин И.С., Руденчик Ю.В., Островский И.Б., Левошина А.И. Количественная характеристика условий развития эпизоотии чумы в поселении больших песчанок. Зоол. журн. 1966; 14(4):481–5.

11. Dubyanskiy V.M. Modelling plague spread in the different kind settlements of Great Gerbil (*Rhombomys opimus* Liht., 1823, *Rodentia*, *Cricetidae*). Gurrent issues of zoonotic diseases. International conference. 29 March 2010. Ulaanbaatar, 2010. P. 92–9

12. Davis S., Trapman P., Leirs H., Begon M., Heesterbeek J.A.P. The abundance threshold for plague as a critical percolation phenomenon. Nature. 2008; 454:634–7.

13. Hannon B.M., Ruth M. Dynamic Modeling of Diseases and Pests. Springer Science + Business Media; 2009. 290 p.

#### References

1. Dubrovsky Yu.A., Mitropol'skiy Yu.V., Uрманov R.A., Tret'yakov G.P., Zakirov R.Kh., Sarzhinskiy V.A., Fotteler E.R. [Regularities of great gerbil distribution at the time of major long-standing population depression in the territory of the Central Kyzylkum]. In: [Gerbils – Rodents of Paramount Importance in the Territory of USSR Arid Area]. Tashkent: Fan; 1989. P. 42–4.

2. Dubyanskiy V.M., Burdelov L.A. [Computer model of plague epizootic process in great gerbil *Rhombomys opimus* settlements: description and verification]. Zool. Zh. 2010; 89(1):79–87.

3. Dyatlov A.I. [Concerning reliability of the long-lasting surveying over the plague agent export areas]. Probl. Osobo Opasn. Infek. 1970; (16):132–6.

4. Litvin V.Yu., Karulin B.E., Vodomorin N.A., Okhotskiy Yu.V. [Radioisotopic modeling of epizootic situations. Stochastic model of tularemia epizooty in stack]. In: [Fauna and Ecology of Rodents]. M.: MSU Publishing House; 1980. Vol. 14. P. 63–84.

5. Marin S.N., Kamnev P.I., Korinfskiy A.N., Nikitenko G.I. [Great gerbil population depression in Mangyshlak]. Probl. Osobo Opasn. Infek. 1970; (14):149–57.

6. Popov N.V. [Discreteness – major spatial-temporal peculiarity of plague manifestations in foci of the sosluk type]. Saratov: Saratov State University Publishing House; 2002. 192 p.

7. Raiya G. [Decision Ananlysis]. M.: Nauka; 1977. 407 p.

8. Sludsky A.A., Derlyatko K.I., Golovko E.N., Ageev V.S. [Hissar Plague Natural Focus]. Saratov: Saratov State University Publishing House; 2003. 248 p.

9. Soldatkin I.S., Rodnikovskiy V.B., Rudenchik Yu.V. [Experience in statistical modeling of epizootic process as regards plague]. Zool. Zh. 1973; 52(5):751–6.

10. Soldatkin I.S., Rudenchik Yu.V., Ostrovskiy I.B., Levoshina A.I. [Quantitative characteristics of provisions for plague epizooty development in great gerbil settlement]. Zool. Zh. 1966; 14(4):481–5.

11. Dubyanskiy V.M. Modelling plague spread in the different kind settlements of Great Gerbil (*Rhombomys opimus* Liht., 1823, *Rodentia*, *Cricetidae*). Gurrent issues of zoonotic diseases. International conference. 29 March 2010. Ulaanbaatar, 2010. P. 92–9

12. Davis S., Trapman P., Leirs H., Begon M., Heesterbeek J.A.P. The abundance threshold for plague as a critical percolation phenomenon. Nature. 2008; 454:634–7.

13. Hannon B.M., Ruth M. Dynamic Modeling of Diseases and Pests. Springer Science + Business Media; 2009. 290 p.

#### Authors:

Dubyanskiy V.M. Stavropol Research Anti-Plague Institute, 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: snipchi@mail.stv.ru

#### Об авторах:

Дубянский В.М. Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: snipchi@mail.stv.ru

Поступила 05.04.12.