

УДК 619:576.895.42

doi: 10.31016/1998-8435-2021-15-3-54-63

Оригинальная статья

Регрессионное математическое моделирование популяции мышевидных грызунов – хозяев кровососущих членистоногих зоны Нечерноземья на примере Калужской области

Федор Иванович Василевич¹, Анна Михайловна Никанорова²,
Вадим Владимирович Калмыков³, Алёна Игоревна Селютина²

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К. И. Скрябина, Москва, 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23; e-mail: rector@mgavm.ru

²Калужский филиал РГАУ Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева, Калуга, Россия 248007, Калужская обл., Калуга, ул. Вишневого, 27; e-mail: annushkanikanorova@gmail.com

³Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Калуга, ул. Баженова, 2

Поступила в редакцию: 26.04.2021; принята в печать: 15.07.2021

Аннотация

Цель исследований – провести регрессионное математическое моделирование популяции мелких млекопитающих – прокормителей иксодовых клещей Калужской области, позволяющее оценить вероятность вспышек зоонозных, трансмиссивных болезней.

Материалы и методы. На протяжении 10 лет (с 2009 по 2019 гг.) проводили многофакторный эксперимент типа 2^k в полевых условиях по методике В. В. Калмыкова (2016). Объектом исследования были мышевидные грызуны, наиболее распространенные на территории Калужского региона. Учет численности грызунов проводили стандартными методами с использованием техник В. Н. Шнитникова (1929), П. Б. Юргенсона (1934) и А. Н. Формозова (1937). Использовали общепринятые ловушки Геро. Животных учитывали на всей территории области всех станций обитаний.

Результаты и обсуждение. Получены регрессионные математические модели количества популяции мышевидных грызунов в зависимости от среднемесячных показателей температуры, уровня осадков и атмосферного давления за год в зоне Нечерноземья на примере Калужской области. Особенность полученной аналитической модели заключается в том, что наибольшее влияние на популяцию мелких млекопитающих оказывает эффект взаимодействия двух факторов: температуры и атмосферного давления. Сила его влияния значительно превышает влияние каждого из трех исследуемых факторов в отдельности, в частности, сильнее, чем степень влияния одной температуры в 1,02 раза, чем сила влияния одного фактора количества осадков в 2,58 раз, чем сила влияния одного атмосферного давления в 2,72 раз. Расчетная математическая модель дает возможность без существенных материальных, временных затрат рассчитывать численность популяций мышевидных грызунов не только на территории Калужской области, но и в регионах с похожими условиями климата.

Ключевые слова: трематоды, иксодовые клещи, мелкие млекопитающие, математическое моделирование, зоонозы, трансмиссивные болезни, природно-очаговые болезни

Прозрачность финансовой деятельности: в представленных материалах или методах никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности.

Конфликт интересов отсутствует



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Для цитирования: Василевич Ф. И., Никанорова А. М., Калмыков В. В., Селютин А. И. Регрессионное математическое моделирование популяции мышевидных грызунов – хозяев кровососущих членистоногих зоны Нечерноземья на примере Калужской области // Российский паразитологический журнал. 2021. Т. 15. № 3. С. 54–63.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-3-54-63>

© Василевич Ф. И., Никанорова А. М., Калмыков В. В., Селютин А. И., 2021

Original article

Regression mathematical modeling of the population of mouse-like rodents, hosts of blood-sucking arthropods in the Non-Black Earth Zone by the example of the Kaluga Region

Fedor I. Vasilevich¹, Anna M. Nikanorova², Vadim V. Kalmykov³, Alena I. Selyutina²

¹ Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia 23, Akademika Skryabina st., Moscow, e-mail: rector@mgavm.ru

² Kaluga Branch of the RSAU Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Kaluga, Russia 27, Vishnevskogo st., Kaluga, Kaluga Region, 248007, e-mail: annushkanikanorova@gmail.com

³ Kaluga Branch of the Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Kaluga, Russia 2, Bazhenova st., Kaluga, 248000

Received on: 26.04.2021; accepted for printing on: 15.07.2021

Abstract

The purpose of the research is a regression mathematical modeling of the population of small mammals, hosts of ixodid ticks in the Kaluga Region, which allows assessing the likelihood of zoonotic and vector-borne diseases.

Materials and methods. For 10 years (from 2009 to 2019), a 2^k multifactorial experiment was performed in the field by the method of V. V. Kalmykov (2016). The study object was mouse-like rodents that are the most common in the Kaluga Region. Rodents were counted by standard methods using techniques of V. N. Shnitnikov (1929), P. B. Yurgenson (1934) and A. N. Formozov (1937). The generally accepted steel spring traps were used. Animals were counted throughout all habitats.

Results and discussion. Regression mathematical models of the mouse-like rodent population were obtained depending on the average monthly temperature, precipitation and atmospheric pressure for the year in the Non-Black Earth Zone by the example of the Kaluga Region. The specific nature of the obtained analytical model is that the greatest influence on the population of small mammals is made by the interaction effect of two factors, temperature and atmospheric pressure. Their impact is more significant than the influence of each of the three study factors separately, in particular, it is stronger than the only influence of temperature by 1.02, the only impact of precipitation by 2.58, and the only impact of atmospheric pressure by 2.72. The analytic mathematical model allows us to calculate, without significant material or time costs, populations of mouse-like rodents not only in the Kaluga Region, but also in regions with similar climate conditions.

Keywords: ixodid ticks, small mammals, mathematical modeling, zoonoses, vector-borne diseases, natural focal diseases.

Financial Disclosure: none of the authors has financial interest in the submitted materials or methods.

There is no conflict of interests

For citation: Vasilevich F. I., Nikanorova A. M., Kalmykov V. V., Selyutina A. I. Regression mathematical modeling of the population of mouse-like rodents, hosts of blood-sucking arthropods in the Non-Black Earth Zone by the example of the Kaluga Region. *Rossiyskiy parazitologicheskii zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (3): 54–63. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-3-54-63>

© Vasilevich F. I., Nikanorova A. M., Kalmykov V. V., Selyutina A. I., 2021

Введение

Мышевидные грызуны широко распространены во всех климатических зонах [7, 12, 15] и являются важным составляющим в процессе циркуляции возбудителей зоонозов, поддержании природных очагов болезней, а также служат хозяевами для кровососущих членистоногих [6, 10, 13]. Интересен факт сочетания очагов болезней из-за общих переносчиков на одной или пересекающихся территориях. Чума может встречаться одновременно с туляремией, листериозом и другими возбудителями. Безусловно, грызуны участвуют в циркуляции вируса энцефалита, хантавирусов, болезни Лайма, лейшманиоза, анаплазмоза, бабезиозов и т. д. [5, 6, 12]. Все указанные возбудители болезней требуют тщательного и регулярного контроля за динамикой численности как кровососущих членистоногих, так и их хозяев [11, 14, 15].

В природных очагах различных зоонозов главенствующее положение занимают полевки, лесная, домовая мыши и другие млекопитающие, которые наиболее подвержены туляремии, листериозу, лептоспирозу [2, 4, 9].

Известно, что в Центральной части России резервуарами, а, следовательно, и источниками возбудителя хантавирусов, служат лесные полевки [12, 13]. Часто болезни у животных протекают латентно.

На территориях, энзоотичных по инвазиям и инфекциям, отдельные виды носителей имеют эпидемиологическое значение в результате различных непосредственных контактов с людьми и другими видами животных.

Динамика численности популяций мышевидных грызунов – мелких млекопитающих зависит, в частности, от климатических условий места обитания [10, 11].

Факторы, влияющие на популяции, условно делят на внутренние и наружные. К наружным относятся условия климата, география местности и т. д., к внутренним – возрастной состав, тип питания и т. д. [5, 6].

Наличие регрессионных аналитических и расчетных математических моделей динамики численности популяций хозяев кровососущих членистоногих (мышевидных грызунов) позволяет своевременно и точно спрогнозировать вспышки инфекций и инвазий, что необходимо для составления грамотного плана мер борьбы с зоонозами.

Целью наших исследований стало проведение регрессионного математического моделирования популяции мелких млекопитающих – прокормителей иксодовых клещей Калужской области, позволяющего оценить вероятность вспышек зоонозных, трансмиссивных болезней.

Материалы и методы

Была поставлена задача получить расчетные и аналитические математические модели числа мышевидных грызунов в популяции в зависимости от показателей климата: среднегодовых температуры воздуха и уровня осадков. Для этого на протяжении 10 лет (с 2009 по 2019 гг.) проводили многофакторный эксперимент типа 2^k в полевых условиях по стандартной методике В. В. Калмыкова (2016) [3].

Объектом исследования были мелкие млекопитающие, встречающиеся на территории Калужской области: серая полевка, рыжая полевка (*Myodes glareolus*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), малая лесная мышь (*A. uralensis*), серая крыса (*Rattus norvegicus*), домовая мышь (*Mus musculus*).

Учет численности грызунов проводили стандартными методами с использованием техник В. Н. Шнитникова (1929), П. Б. Юргенсона (1934) и А. Н. Формозова (1937) (Глазунов В. В., 2018). Использовали общепринятые ловушки Геро [1].

Животных учитывали на всей территории области всех стадий обитания.

Результаты и обсуждение

Получены регрессионные математические модели количества популяции мышевидных грызунов в зависимости от среднемесячных показателей температуры, уровня осадков и атмосферного давления за год в зоне Нечерноземья на примере Калужской области.

Особенность полученной аналитической модели заключается в том, что наибольшее влияние на популяцию мелких млекопитающих оказывает эффект взаимодействия двух факторов: температуры и атмосферного давления. Сила его влияния значительнее, чем влияние каждого из трех исследуемых факторов в отдельности, в частности, сильнее, чем степень влияния одной температуры в 1,02 раза, чем сила влияния одного количества осадков в 2,58 раз, чем сила влияния одного атмосферного давления в 2,72 раз.

Расчетная математическая модель дает возможность без существенных материальных, временных затрат рассчитывать численность популяций мышевидных грызунов не только на территории Калужской области, но и в регионах с похожими условиями климата.

Калужская область расположена на западе европейской части России. Рельеф холмистый, расчлененный долинами рек, балками, лощинами. Колебания амплитуды высот не

превышают 170 м. Климат Калужской области – умеренно континентальный с хорошо выраженными сезонами года: умеренно жарким и влажным летом и умеренно холодной с устойчивым снежным покровом зимой. Средняя температура января составляет -10°C , июля – 18°C . Осадков выпадает 450–650 мм в год, из них 70% приходится на весенне-осенний период. Погодные условия в Калужской области приведены на рис. 1–4.

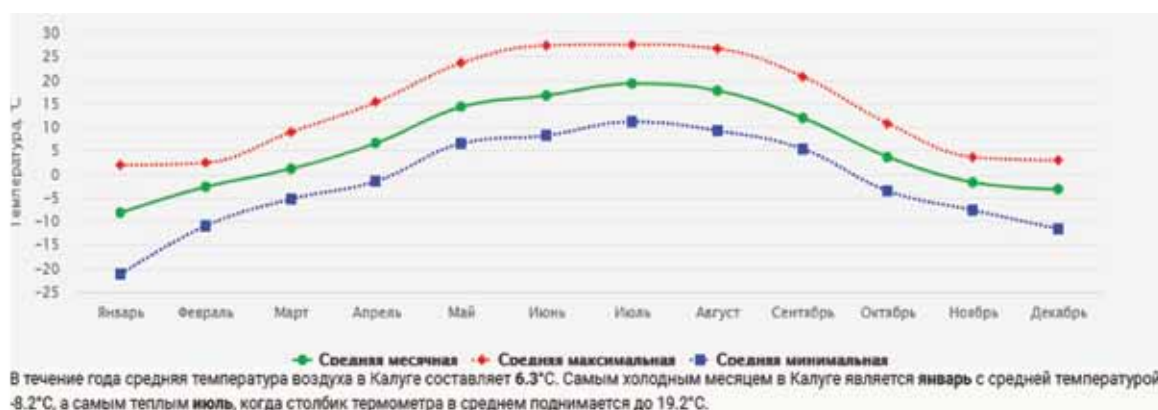


Рис. 1. Средняя температура воздуха в Калужской области в течение года
[Fig. 1. The average air temperature in the Kaluga region during the year]

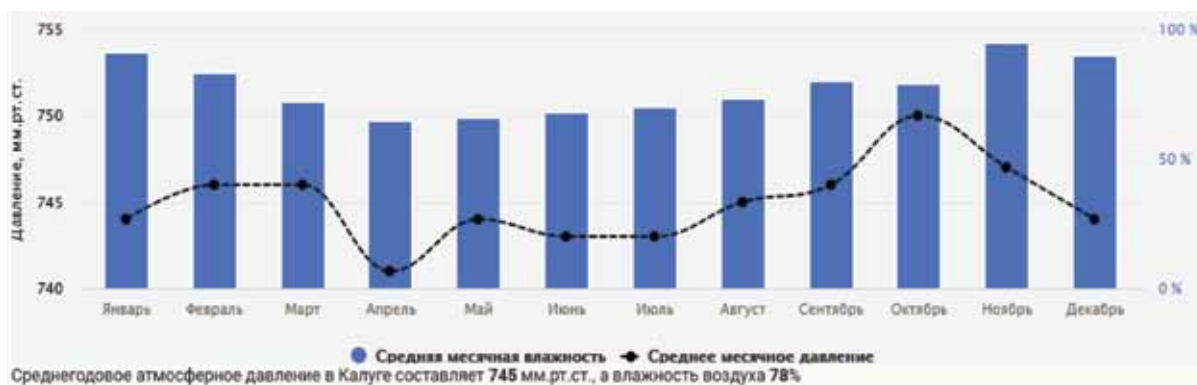


Рис. 2. Среднее месячное атмосферное давление воздуха и средняя месячная влажность в Калужской области в течение года
[Fig. 2. Average monthly atmospheric air pressure and average monthly humidity in the Kaluga region during the year]

На территории Калужской области обитают: серая полевка, рыжая полевка, полевая мышь, малая лесная мышь, серая крыса, домовая мышь. За все годы исследований преобладали в количественном отношении рыжая полевка и серая полевка. Всего собрано 3943 особей мел-

ких млекопитающих за 10 лет наблюдений. Графически видовой состав приведен в рис. 5, 6.

Общее число добытых животных в среднем за год с 2009 по 2019 гг. приведено на рисунке 7. Максимальное число пришлось на 2019 г.: собрано 383 животных.

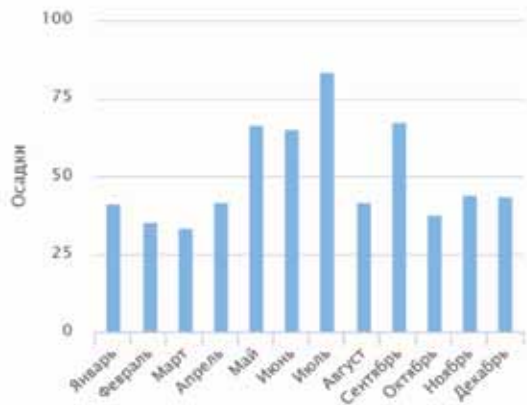


Рис. 3. Среднемесячное количество осадков в Калужской области

[Fig. 3. Average monthly precipitation in the Kaluga region]

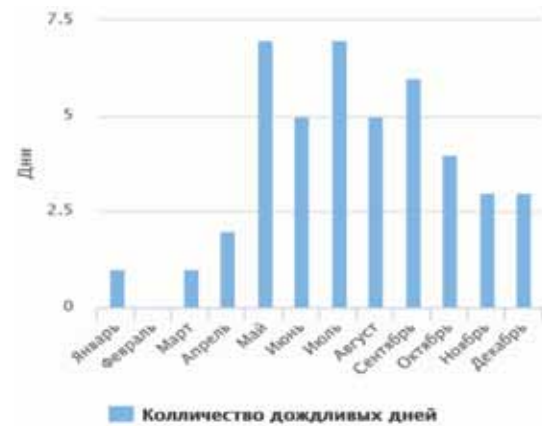


Рис. 4. График дождливых дней в Калужской области

[Fig. 4. The schedule of rainy days in the Kaluga region]



Рис. 5. Число отловленных мелких млекопитающих за 2009–2019 гг. на стационарных пунктах наблюдений
[Fig. 5. The number of small mammals caught in 2009–2019 at stationary observation points]



Рис. 6. Среднее число мелких млекопитающих за 2009-2019 гг. на стационарных пунктах наблюдений
[Fig. 6. Average number of small mammals for 2009-2019 at stationary observation points]

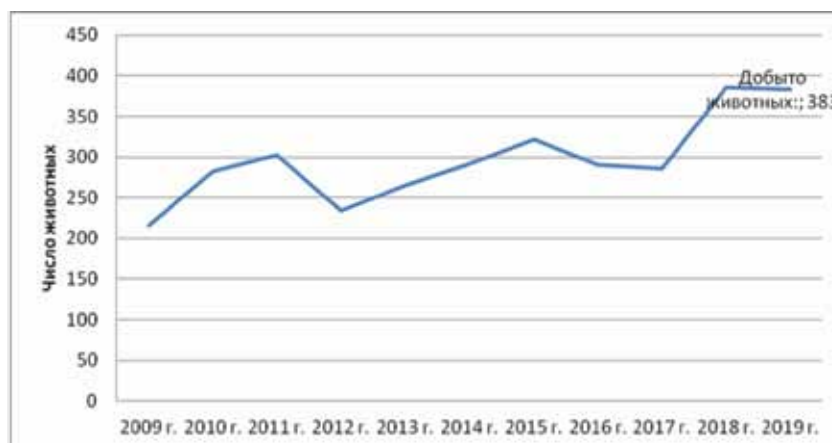


Рис. 7. Число отловленных мелких млекопитающих за 2009–2019 гг.

[Fig. 7. The number of small mammals caught in 2009–2019]

Для получения математических моделей был проведен полный факторный эксперимент по собранным статистическим данным. Значения уровней факторов приведены в таблице 1.

Откликом (Y) являлась численность мышевидных грызунов в пунктах наблюдений региона.

Матрица плана эксперимента приведена в таблице 2.

Таблица 1 [Table 1]

Значения уровней факторов [Values of factor levels]

Фактор [Factor]	-1	0	+1
X1 (среднемесячная годовая температура, t, °C) [Mean monthly annual temperature]	4,57	6,55	7,57
X2 (среднемесячное годовое количество осадков (S, мм) [Average monthly annual rainfall]	31,6	49,5	64,14
X3 (среднее атмосферное давление за год (мм рт. ст.) [Mean atmospheric pressure for the year]	741,0	745,5	750,0

Таблица 2 [Table 2]

Матрица эксперимента с тремя факторами [Experiment matrix with three factors]

№ опыта [Experience number]	X0	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	Y1	Y2	Y3	S2
1	+	+	+	+	+	+	+	+	230	218	242	144
2	+	-	+	+	-	-	+	-	265	251	279	196
3	+	+	-	+	-	+	-	-	322	307	337	225
4	+	-	-	+	+	-	-	+	292	303	281	121
5	+	+	+	-	+	-	-	-	290	274	306	256
6	+	-	+	-	-	+	-	+	180	172	188	64
7	+	+	-	-	-	-	+	+	383	393	373	100
8	+	-	-	-	+	+	+	-	116	112	120	16

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3$$

Для исключения влияния систематических ошибок, которые вызываются внешними условиями, рекомендуют опыты с заданным планом эксперимента проводить рандомизированно во времени. При организации эксперимента учитывали необхо-

димость оценивать дисперсии опытов. Для этого опыты дублировались, т. е. определение числа особей мелких млекопитающих проходило во всех районах области. Дисперсию в каждом опыте рассчитывали по формуле:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{f_1},$$

где \bar{y} – среднее значение отклика (число особей); $f_1 = n-1$ – число степеней свободы при числе повторных опытов $n = 3$.

Посчитанные значения дисперсии в каждом опыте приведены в последнем столбце таблицы 2.

Для проверки однородности ряда дисперсий необходимо воспользоваться G-критерием Кохрена по формуле:

$$G^P = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2},$$

$G^P = 256/1122 = 0,2281$ – расчетное значение G-критерия.

Табличное значение: $G_{0,95;2;8}^T = 0,5157$.

Так как $G^P < G^T$, то выдвинута гипотеза, что дисперсии в эксперименте однородны, принимаются с вероятностью 95%.

При доказанной однородности дисперсии можно определить дисперсию воспроизводимости, характеризующую погрешность эксперимента в целом.

$$S_Y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^2}{N};$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{1122}{8} = 152,75.$$

Для получения математической модели в виде уравнения регрессии в нормализованном масштабе были определены коэффициенты:

$$b_0 = +259,75$$

$$b_1 = +46,50$$

$$b_2 = -18,50$$

$$b_3 = +17,50$$

$$b_{12} = -27,75$$

$$b_{13} = -47,75$$

$$b_{23} = -11,25$$

$$b_{123} = +11,50$$

И математическая модель принимает следующий вид:

$$Y = 259,75 + 46,50X_1 - 18,50X_2 + 17,50X_3 - 27,75X_1X_2 - 47,75X_1X_3 - 11,25X_2X_3 + 11,50X_1X_2X_3$$

Для проверки статистической значимости рассчитанных коэффициентов следует опре-

делить доверительный интервал по критерию Стьюдента, т. е. проверить гипотезу о статистической значимости коэффициентов математической модели в виде уравнения регрессионного анализа. Дисперсия коэффициентов:

$$S_1(b_{1i})^2 = \frac{(S_Y Y^{-1} 2)}{N(n)};$$

$$S_{b_i}^2 = \frac{152,75}{8 \cdot 3} = 6,36.$$

Соответствующее среднеквадратическое отклонение коэффициентов:

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2};$$

$$S_{b_i} = 2,52.$$

Доверительный интервал для всех коэффициентов:

$$[b_{1i} = t_{p,f_1}(p, f_1 1, f_1 2)(S_1(b_{1i}))],$$

где t_{p,f_1} коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности p и числе степеней свободы f_1 .

Табличное значение коэффициента Стьюдента для вероятности $P = 0,95$,

$$f_1 = 8 - 1, \quad t_{p,f_1} = 2,306;$$

$$b_{1i} = 2,306 (2,52 = 5,81).$$

Все коэффициенты полученной математической модели в виде уравнения регрессии имеют значение, превышающее 5,81. Это значит, что все коэффициенты статистически значимы. Следовательно, каждый выбранный фактор: среднемесячная температура, среднемесячное количество осадков, среднее атмосферное давление и парные эффекты их взаимодействия оказывают статистически значимое влияние на популяцию мелких млекопитающих.

Анализ полученной модели показывает, что при погодных условиях, когда среднемесячные значения рассматриваемых факторов оказываются на нулевом уровне, предположительное число мелких млекопитающих составит в среднем 260 особей на контрольных территориях. Наибольшее влияние на популяцию мелких млекопитающих оказывает среднемесячная температура. Степень ее влияния в

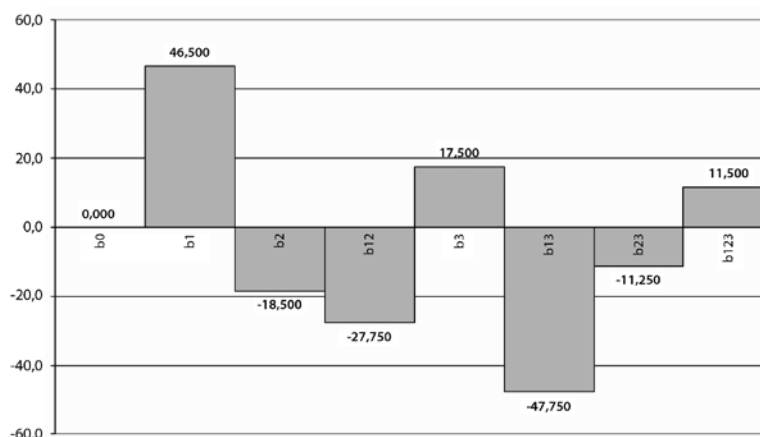


Рис. 8. Диаграмма коэффициентов сцепления
[Fig. 8. Adhesion coefficient chart]

2,5 раза сильнее среднемесячного количества осадков и в 2,6 раз сильнее влияния среднего атмосферного давления. Знак «+» говорит о том, что чем выше температура воздуха, тем выше численность мелких млекопитающих. Знак «-» при коэффициенте среднемесячного количества осадков свидетельствует о незначительном снижении численности мелких млекопитающих при увеличении количества осадков. Графическое представление коэффициентов сцепления, характеризующих влияние факторов на отклик, показано на рис. 8.

Парный эффект взаимодействия средней температуры и среднемесячного количества осадков также снижает число мелких млекопитающих и в 1,67 раз слабее влияния одной температуры и в 1,5 раз сильнее влияния одного фактора количества осадков.

Особенность данной модели заключается в том, что наибольшее влияние на популяцию мелких млекопитающих оказывает эффект

взаимодействия двух факторов: температуры и атмосферного давления. Сила его влияния значительнее, чем влияние каждого из трех исследуемых факторов в отдельности, в частности, сильнее, чем степень влияния одной температуры в 1,02 раза, чем сила влияния одного количества осадков в 2,58 раз, чем сила влияния одного атмосферного давления в 2,72 раз.

Парные эффекты атмосферного давления и влажности сопоставимы по силе влияния с атмосферным давлением. Тройной эффект всех трех факторов в 4,15 раз слабее парного эффекта температуры воздуха и атмосферного давления.

Для получения расчетной математической модели необходимо привести ее к натуральному масштабу. Для этого факторы X₁, X₂, X₃ следует заменить на среднемесячную температуру, среднемесячное количество осадков, среднее атмосферное давление по следующим формулам:

Математическая модель принимает следующий вид:

$$Y = 259,75 + 46,50 \left(\frac{t - 6,55}{1,5} \right) - 18,50 \left(\frac{S - 49,5}{14,77} \right) + 17,50 \left(\frac{P - 745,5}{4,5} \right) - \\ - 27,75 \left(\frac{t - 6,55}{1,5} \right) \left(\frac{S - 49,5}{14,77} \right) - 47,75 \left(\frac{t - 6,55}{1,5} \right) \left(\frac{P - 745,5}{4,5} \right) - \\ - 11,25 \left(\frac{S - 49,5}{14,77} \right) \left(\frac{P - 745,5}{4,5} \right) + 11,50 \left(\frac{t - 6,55}{1,5} \right) \left(\frac{S - 49,5}{14,77} \right) \left(\frac{P - 745,5}{4,5} \right).$$

Расчетная математическая модель после преобразований для расчета числа иксодовых клещей принимает вид:

$$N = 96,002P + 696,388S + 9623,358t - 0,925PS - 12,784Pt - \\ - 87,245St + 0,11535PSt - 71856,560$$

Заключение

Особенность полученной аналитической модели заключается в том, что наибольшее влияние на популяцию мелких млекопитающих оказывает эффект взаимодействия двух факторов: температуры и атмосферного давления. Сила его влияния значительно больше, чем влияние каждого из трех исследуемых факторов в отдельности, в частности, сильнее, чем степень влияния одной температуры в 1,02 раза, чем сила влияния одного количества осадков в 2,58 раз, чем сила влияния одного атмосферного давления в 2,72 раз.

Расчетная математическая модель дает возможность без существенных материальных, временных затрат рассчитывать численность популяций мышевидных грызунов не только на территории Калужской области, но и в регионах с похожими условиями климата.

Гипотезу об адекватности полученной математической модели в виде линейного уравнения проверяют следующим способом: так как значение коэффициента b_0 в модели в нормализованном масштабе показывает количество популяции мелких млекопитающих, когда рассматриваемые факторы ортогонального плана установлены на нулевом уровне, то, рассчитав значение по модели в натуральном масштабе для факторов нулевого уровня, полученную величину можно сравнить с экспериментальным значением b_0 . По расхождению этих значений можно судить о величине погрешности расчетной модели.

Подставляя в расчетную математическую модель значение фактора, соответствующее нулевому уровню, а именно: $t = 6,55$ °C, $S = 49,5$ мм, $P = 745,5$ мм рт. ст., то $N = 252,167$ особей мелких млекопитающих. При этом по экспериментальным статистическим данным при таких условиях обнаружено 260 особей мелких млекопитающих; расхождение с расчетной моделью – 3%, что говорит об адекватности полученной расчетной модели.

Достоинство применяемого моделирования позволяет учитывать воздействие на наблюдаемый объект совокупности всех факторов и их эффектов взаимодействия.

Список источников

1. Глазунов Ю. В. Экологические основы борьбы с иксодовыми клещами на юге Тюменской обла-

сти: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2004. 18 с.

2. Жигальский О. А. Зональные и биотопические особенности влияния эндо- и экзогенных факторов на население рыжей полевки (*Clethrionomus glareolus* Schreber, 1780) // Экология. 1994. № 3. С. 50-60.
3. Калмыков В. В., Федорова О. С. Основные статистические методы анализа результатов экспериментов // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2016. № 1 (5). С. 68-75.
4. Карасева Е. В., Телицына А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: изд-во ЛКИ, 2008. 416 с.
5. Марвин М. Я. Фауна наземных позвоночных животных Урала. Млекопитающие (Вып. 1). Свердловск, 1969. 154 с.
6. МУ 3.1.1029-01 Отлов, учет и прогноз численности мелких млекопитающих и птиц в природных очагах инфекций. Утверждены главным гос. сан. врачом Онищенко Г. Г. 6 апреля 2001 г.
7. Неверова Г. П., Жигальский О. А., Фрисман Е. Я. Моделирование динамики весенней численности популяции рыжей полевки (*Myodes glareolus*) // Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 1. С. 15–22.
8. Никанорова А. М. Эколого-биологический мониторинг мелких млекопитающих Калужской области // Ветеринария и кормление. 2019. № 3. С. 49-52.
9. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. М.: Советская наука, 1949. 601 с.
10. Павлинов И. Я. Краткий определитель наземных зверей России. М.: изд-во МГУ, 2002. 167 с.
11. Углова Е. С., Борисов А. Н., Екимов Е. В., Шишкин А. С. Влияние погодных условий на динамику численности мелких млекопитающих отвалов угольных разрезов // Сибирский лесной журнал. Новосибирск, 2016. № 5. С. 85-91.
12. Формозов А. Н. Снежный покров как фактор среды, его значение в жизни млекопитающих и птиц СССР. 2-е изд. М.: изд-во МГУ, 1990. 287 с.
13. Davami M. H., Motazedian M. H., Kalantari M. et al. Molecular survey on detection of Leishmania infection in rodent reservoirs in Jahrom District, Southern Iran. Journal of Arthropod-Borne Diseases. 2014; 8 (2): 139–146.

14. Kendeigh S. C. Measurement of bird populations. *Ecol. Monographs*. 1944; 14 (1): 67-106.
15. Meerburg B. G., Singleton G. R., Kijlstra A. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*. 2009; 35 (3): 223–270.
16. Ross R. The prevention of malaria. (2nd edn.). Murray. London, section 66. 1911; 651.
17. Seifollahi Z., Sarkari B., Motazedian M. H., Asgari Q., Javad Ranjbar M., Abdolahi Khabisi S. Protozoan Parasites of Rodents and Their Zoonotic Significance in Boyer-Ahmad District, Southwestern Iran. *Veterinary Medicine International*. 2016; 2016 (2): 1–5.
8. Nikanorova A. M. Ecological and biological monitoring of small mammals in the Kaluga Region. *Veterinariya i kormleniye = Veterinary Medicine and Feeding*. 2019; 3: 49-52. (In Russ.)
9. Novikov G. A. Field studies of the ecology of terrestrial vertebrate species. Moscow, Soviet Science, 1949; 601. (In Russ.)
10. Pavlinov I. Ya. Short identification guide of terrestrial animals in Russia. Moscow, Publishing House of the Moscow State University, 2002; 167. (In Russ.)
11. Uglova E. S., Borisov A. N., Ekimov E. V., Shishkin A. S. The influence of weather conditions on dynamics of the number of small mammals in coal dumps. *Sibirskiy lesnoy zhurnal = Siberian Forest Journal*. Novosibirsk, 2016; 5: 85-91. (In Russ.)

References

1. Glazunov Yu. V. Ecological foundations of ixodid tick control in the south of the Tyumen Region: autoref. dis. ... Cand. Sc. Biol. Tyumen, 2004; 18. (In Russ.)
2. Zhigalsky O. A. Zonal and biotopic features of influence by endo- and exogenous factors on the population of the bank vole (*Clethrionomus glareolus* Schreber, 1780). *Ekologiya = Ecology*. 1994; 3: 50-60. (In Russ.)
3. Kalmykov V. V., Fedorova O. S. Basic statistical methods for the analysis of experimental results. *Elektronnyy zhurnal: nauka, tekhnika i obrazovaniye = Electronic Journal: Science, Technology and Education*. 2016; 1 (5): 68-75. (In Russ.)
4. Karaseva E. V., Telitsyna A. Yu., Zhigalsky O. A. Methods for field studies of rodents. Moscow, LKI Publishing House, 2008; 416. (In Russ.)
5. Marvin M. Ya. Fauna of terrestrial vertebrates in the Urals. Mammals (Issue 1). Sverdlovsk, 1969; 154. (In Russ.)
6. Methodical Guidelines (MU) 3.1.1029-01 Catch, record and forecast of the number of small mammals and birds in natural foci of infections. Approved by the Chief Public Health Officer G. G. Onishchenko on April 6, 2001.
7. Neverova G. P., Zhigalsky O. A., Frisman E. Ya. Modeling the dynamics of spring population of the bank vole (*Myodes glareolus*). *Regional'nyye problemy = Regional Issues*. 2013; 16 (1): 15–22. (In Russ.)
12. Formozov A. N. Snow cover as an environmental factor, and its importance in the life of mammals and birds in the USSR. 2nd ed. Moscow, Publishing House of the Moscow State University, 1990; 287. (In Russ.)
13. Davami M. H., Motazedian M. H., Kalantari M. et al. Molecular survey on detection of Leishmania infection in rodent reservoirs in Jahrom District, Southern Iran. *Journal of Arthropod-Borne Diseases*. 2014; 8 (2): 139–146.
14. Kendeigh S. C. Measurement of bird populations. *Ecol. Monographs*. 1944; 14 (1): 67-106.
15. Meerburg B. G., Singleton G. R., Kijlstra A. Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*. 2009; 35 (3): 223–270.
16. Ross R. The prevention of malaria. (2nd edn.). Murray. London, section 66. 1911; 651.
17. Seifollahi Z., Sarkari B., Motazedian M. H., Asgari Q., Javad Ranjbar M., Abdolahi Khabisi S. Protozoan Parasites of Rodents and Their Zoonotic Significance in Boyer-Ahmad District, Southwestern Iran. *Veterinary Medicine International*. 2016; 2016 (2): 1–5.