

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЧЛЕНИСТОНОГИХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

Василевич Ф. И.¹,

доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН

Никанорова А. М.²,

кандидат биологических наук, доцент,

доцент кафедры ветеринарии и физиологии животных,

annushkanikanorova@gmail.com

Аннотация

В статье приведен пример математического аналитического моделирования численности популяций кровососущих членистоногих на примере комаров и иксодовых клещей, обитающих на территории Калужской области. Приведенные аналитические математические модели позволяют наглядно оценить степень влияния факторов окружающей среды на популяции паразитов. Учитывались следующие факторы: среднемесячная годовая температура (t , °C); среднемесячное годовое количество осадков (S , мм); среднее атмосферное давление (P , мм рт. ст.) для комаров и среднемесячная температура (t , °C), среднемесячная относительная влажность (Q , %), среднее атмосферное давление (P , мм рт. ст.) для иксодовых клещей.

Анализ полученных моделей показывает, что при погодных условиях, когда среднемесячные значения рассматриваемых факторов оказываются на нулевом уровне, предположительное количество иксодовых клещей и комаров окажется 1150 и 1529 особей на контрольной территории в год. Наиболее сильное влияние на популяцию иксодовых клещей оказывает среднее атмосферное давление, степень его влияния в два раза сильнее среднемесячной влажности и в 6,4 раза сильнее влияния среднемесячной температуры. Знак «+» говорит о том, что чем выше атмосферное давление, тем больше наблюдается активных клещей. Наибольшее влияние на популяцию комаров оказывает среднемесячное количество осадков.

Ключевые слова: Ixodidae, Diptera, аналитические математические модели.

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина» (109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23)

² Калужский филиал Российского государственного аграрного университета МСХА имени К. А. Тимирязева (248007, Калужская обл., г. Калуга, ул. Вишневого, д. 27)

ANALYTICAL MATHEMATICAL MODELS OF THE POPULATION OF ARTHROPODS IN THE NON-BLACK EARTH ZONE

Vasilevich F. I. ¹,

Doctor of Veterinary Sciences, Professor,
Academician of the Russian Academy of Sciences

Nikanorova A. M. ²,

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Veterinary and Animal Physiology,
annushkanikanorova@gmail.com

Abstract

The article provides an example of mathematical analytical modeling of the population size of blood-sucking arthropods on the example of mosquitoes and ixodid ticks that inhabit the Kaluga Region. The presented analytical mathematical models make it possible to clearly assess the influence of environmental factors on parasite populations. The following factors were taken into account: average temperature (monthly and yearly, t , °C); average precipitation (monthly and yearly, S , mm); mean atmospheric pressure (P , mm Hg) for mosquitoes, and monthly average temperature (t , °C), monthly mean relative humidity (Q , %), and mean atmospheric pressure (P , mm Hg) for ixodid ticks.

The analysis of the obtained models shows that under weather conditions when monthly mean values of the considered factors are at a zero level, the estimated number of ixodid ticks and mosquitoes will be 1150 and 1529 individuals in the control area per year. The population of ixodid ticks is most significantly influenced by the mean atmospheric pressure; its influence is twice as strong as monthly mean humidity and 6.4 times stronger than the influence of monthly average temperature. The "+" sign indicates that the higher the atmospheric pressure is, the more active ticks are observed. Monthly average precipitation has the greatest effect on the mosquito population.

Keywords: Ixodidae, Diptera, analytical mathematical models.

Введение. Кровососущие членистоногие поддерживают природные очаги трансмиссивных зоонозных болезней [1]. Математическое аналитическое моделирование динамики численности популяций

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K. I. Scriabin" (23, Akademika Scriabina st., Moscow, 109472)

² Kaluga branch of the Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev (27, Vishnevskogo st., Kaluga, Kaluga region, 248007)

паразитических членистоногих, а в частности комаров и иксодовых клещей, особенно актуально в условиях напряженной обстановки по заболеваемости людей и животных опасными инвазионными и инфекционными болезнями (дирофиляриозом, малярией, боррелиозом, пироплазмидозами и др.). Метод построения аналитических математических моделей позволяет эффективно и своевременно оценить влияние факторов окружающей среды на численность популяции паразитов, а, следовательно, спланировать профилактические мероприятия на определенной географической территории с учетом климатическими условиями [3, 4].

Материалы и методы. Для построения аналитических математических моделей на протяжении 10 лет (с 2009 по 2019 гг. включительно) проводился многофакторный эксперимент типа 2^k в полевых условиях по стандартной методике, описанной в работах Калмыкова В.В. [2].

Объектом исследования явились комары и иксодовые клещи, обитающие на территории Калужской области.

Результаты исследований. Интересно наблюдать за динамикой численности комаров и иксодовых клещей, как кровососов, в условиях колебаний погодных условий на определенной территории, а именно в Калужской области. Математические модели в этом случае играют ключевую роль. Необходимо учитывать, что колебания погодных показателей (факторов для математического моделирования), будут актуальны и адекватны только в пределах интервала варьирования факторов.

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

Таблица 1

Диапазон варьирования факторов

Факторы	-1	0	+1
X1	+4,57 °C	+6,55 °C	+7,57 °C
X2	31,6 мм	49,5 мм	64,14 мм
X3	741,0 мм рт. ст.	745,5 мм рт. ст.	750,0 мм рт. ст.

X1 – среднемесячная годовая температура (t, °C).

X2 – среднемесячное годовое количество осадков (S, мм) для комаров; среднемесячная относительная влажность (Q, %) для иксодовых клещей.

X3 – среднее атмосферное давление годовое (P, мм рт. ст.).

Откликом Y являлась численность комаров и иксодовых клещей Калужской области в стационарных пунктах наблюдений.

После удаления из моделей статистически не значимых коэффициентов окончательные аналитические математические модели в нормализованном масштабе принимают вид:

$$Y = 1529,167 - 144,667X_1 + 508,667X_2 - 78,583X_3 - 62,667X_1X_2 - 23,917X_1X_3 - 49,583X_2X_3 \text{ (комары)}$$

$$Y = 1150 - 65X_1 + 204,5X_2 + 415X_3 - 234,5X_1X_2 - 90X_1X_3 + 10,5X_2X_3 - 150,5X_1X_2X_3 \text{ (иксодовые клещи)}$$

Заключение. Анализ полученных моделей показывает, что при погодных условиях, когда среднемесячные значения рассматриваемых факторов оказываются на нулевом уровне, предположительное количество иксодовых клещей и комаров окажется 1150 и 1529 особей на контрольной территории в год. Наиболее сильное влияние на популяцию иксодовых клещей оказывает среднее атмосферное давление, степень его влияния в два раза сильнее среднемесячной влажности и в 6,4 раза сильнее влияния среднемесячной температуры. Знак «+» говорит о том, что чем выше атмосферное давление, тем больше наблюдается активных клещей. Наибольшее влияние на популяцию комаров оказывает среднемесячное количество осадков.

Литература

1. *Балашов Ю.С.* Паразитизм клещей и насекомых на наземных позвоночных. Санкт-Петербург: Наука, 2009. 356 с.
2. *Калмыков В.В., Федорова О.С.* Основные статистические методы анализа результатов экспериментов // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2016. № 1(5). С. 68-75.
3. *Никанорова А.М.* Аналитическое математическое моделирование численности популяции комаров Калужской области // Ветеринарная патология. 2020. № 4(74). С. 12-16.
4. *Pietikäinen R., Nordling S., Jokiranta S., Lavikainen A., Saari S., Laaksonen S., Heikkinen P., Oksanen A., Gardiner C., Kerttula A.M., Kantanen T., Nikanorova A.* *Dirofilaria repens* transmission in southeastern Finland // Parasites & Vectors. 2017. T. 10. № 1. С. 561.

References

1. Balashov Yu.S. Parasitism of mites and insects on terrestrial vertebrates. St. Petersburg, Nauka, 2009. 356 p. (In Russ.)
2. Kalmykov V.V., Fedorova O.S. Basic statistical methods of analysis of experimental results. *Electronic journal: science, technology and education*. 2016; 1(5): 68-75. (In Russ.)
3. Nikanorova A.M. Analytical mathematical modeling of the mosquito population in the Kaluga Region. *Veterinary pathology*. 2020; 4(74): 12-16. (In Russ.)
4. Pietikäinen R., Nordling S., Jokiranta S., Lavikainen A., Saari S., Laaksonen S., Heikkinen P., Oksanen A., Gardiner C., Kerttula A.M., Kantanen T., Nikanorova A. *Dirofilaria repens* transmission in southeastern Finland. *Parasites & Vectors*. 2017; 10(1): 561.