

Valentina A. Evstegneeva
Assistant;

Olga L. Smolyaninova
ScD (Biology), docent,
Medical Institute of Tula State University;

Sergey I. Logvinov
ScD (Doctor in Technical Sciences), professor,
Tula State Pedagogical University L N. Tolstoy;

On the Influence of Biotic and Abiotic Factors of the Environment on the Incidence of Leptospirosis Serogroups Grippothyfosae in the Tula Region

Key words: morbidity, leptospirosis, strength, infection, common vole, weather, surveillance, disease forecasting, regression analysis and artificial neural networks.

Annotation: The article deals with the study of the effect of biotic (and the number of infection common vole) and abiotic (temperature, rainfall, snow depth) factors on the incidence of leptospirosis. System analysis using stepwise regression and artificial neural networks revealed that the incidence of growth at the forecast for the summer and autumn the most significantly affected by: the spring the number of common vole, its infection, warm winter with little snow, warm wet spring.

Актуальность. Лептоспироз – одна из актуальнейших проблем инфекционной патологии в Тульской области. При сравнении показателей заболеваемости лептоспирозом в Тульской области со среднероссийскими, необходимо отметить, что, начиная, с момента регистрации лептоспироза в Тульской области (1950г.) среднероссийские показатели заболеваемости превышали таковые в Тульской области. Лишь в 1975, 1980 годах показатель заболеваемости (ПЗ) на 100 тыс. населения в Тульской области превысил среднероссийские в 2,6 и 1,8 раза (произошел рост иктерогеморрагического лептоспироза из-за увеличения численности серой крысы). Начиная, с 1982 года по 2008 годы, этот показатель постоянно превышает среднероссийский от 2 до 8 раз, в 2004году - в 12 раз.

В эпидемиологии лептоспироза области выделяют четыре периода:

1948 – 1963 годы - период вспышек купального типа. Основные источники инфекции – крупный рогатый скот и свиньи, выделениями которых загрязнялись водоемы. Заболевания протекали доброкачественно, с клиническими проявлениями, типичными для водной лихорадки. В этиологической структуре доминировал серовар L. romona – 94,6%.

1964 – 1982 годы - период спорадической заболеваемости. Сохраняется ведущая роль антропоургических очагов с основным источником КРС и свиньями. Серологический

пейзаж у больных разнообразен: *L.pomona* - 55%, *L.tarassovi* - 12,5%, *L.hebdomadis*-8,8%, *L.icterohaemorrhagiae* -11,3%, *L.grippotyphosa* - 5% .

1983 – 2008 годы - период повышенной заболеваемости. Динамика многолетних наблюдений показывает, что в Тульской области в период повышенной заболеваемости произошла активизация природных очагов лептоспироза серовара *L.grippotyphosa*, основным источником которого является обыкновенная полевка. На долю серогруппы *L.grippotyphosa* приходится 45,8%, *L.icterohaemorrhagiae* - 30,7%, *L.canicola* - 11,3%, другие виды лептоспир – 12,2%.

2009 – 2015 годы – период спорадической заболеваемости лептоспирозом серогруппы *L.grippotyphosa* (5, 6).

Используя временные ряды за период с 1956 по 1981 годы и с 1982 по 2015 годы для прогнозирования заболеваемости с помощью полиномиального тренда, мы видим, что прогноз не оправдал количественные значения заболеваемости на предстоящий период (рис. 1, 2).

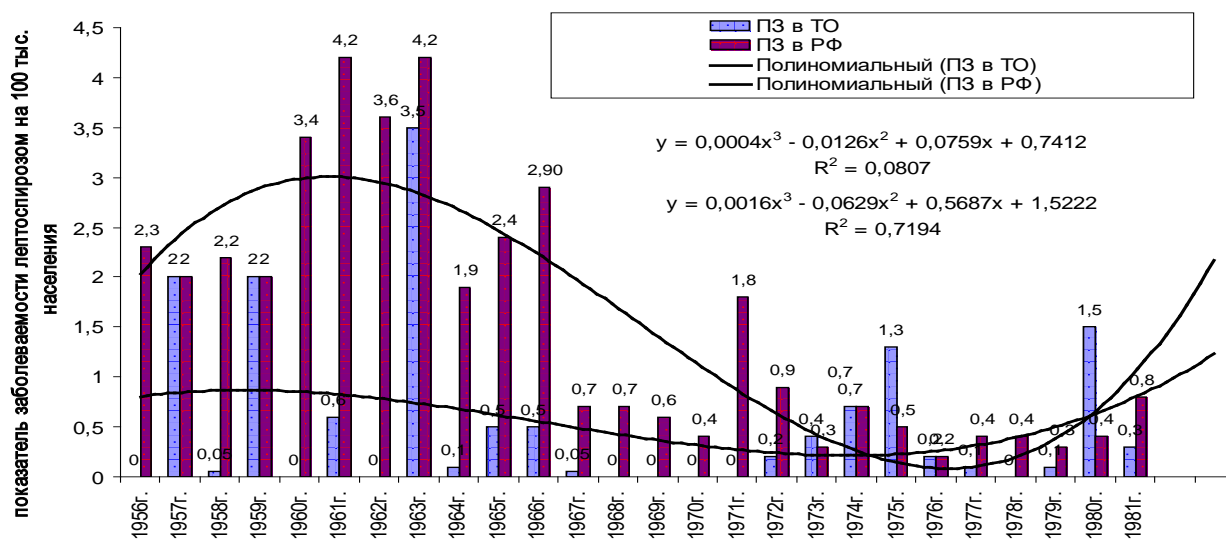


Рис. 1. Динамика заболеваемости лептоспирозом в Тульской области в сравнении с РФ за период с 1956 по 1981 годы.

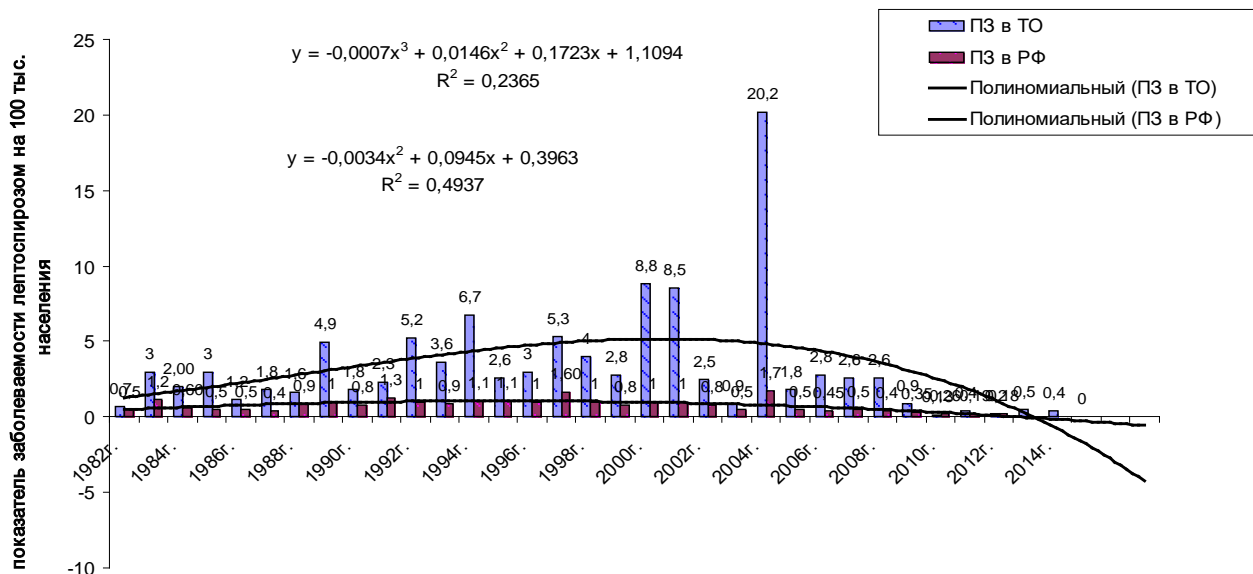


Рис. 2. Динамика заболеваемости лептоспирозом в Тульской области в сравнении с РФ за период с 1982 по 2015 годы.

Для разработки научно обоснованной системы управленческих мер оптимизации эпиднадзора за лептоспирозом с целью уменьшения количества заболеваний, необходимо правильно прогнозировать складывающуюся эпидемиологическую ситуацию на основании данных эпизоотологического мониторинга с помощью методов системного анализа. Особенностью прогнозирования заболеваемости или эпизоотической ситуации является получение ее прогностической модели.

В настоящее время в литературе мало приводится сведений о конкретных результатах прогнозирования заболеваемости лептоспирозом с использованием методов системного анализа. К наиболее широко используемым в прогнозировании инфекционных заболеваний методам многомерного статистического анализа относятся: корреляционный анализ, регрессионный анализ, анализ временных рядов (1, 2, 4).

Цель данной работы – изучить влияние биотических и абиотических факторов природной среды на заболеваемость лептоспирозом серогруппы гриппотифоза и получить модель для прогнозирования заболеваемости с помощью регрессионного анализа и искусственных нейронных сетей (ИНС).

Материалы и методы. Работа проводилась на базе лаборатории природно-очаговых и особо опасных инфекций центра гигиены и эпидемиологии в Тульской области и кафедры санитарно-гигиенических и профилактических дисциплин медицинского института Тульского государственного университета.

С диагностической целью за период с 1985 по 2015 годы методом реакции микроагглютинации и лизиса (РМАЛ) было исследовано 33922 сыворотки крови больных лиц как с клинически выраженной картиной лептоспироза, так и с лихорадками неясного генеза. Из них с положительным результатом выявлено 1821 лицо.

Для изучения инфицированности обыкновенной полевки – основного носителя лептоспир гриппотифоза было исследовано 10772 сыворотки крови грызунов за период с 1985 по 2015 годы. Антитела к лептоспирам выявлены у 723 мелких млекопитающих с помощью РМАЛ.

С целью изучения численности обыкновенных полевок зоогруппой центра гигиены и эпидемиологии в Тульской области за период работы с 1985 по 2015 годы было выставлено в природных очагах лептоспироза 140349 ловушко-ночей, отловлено 10312 обыкновенных полевок. Учет численности грызунов осуществлялся с помощью ловушек Геро.

Для изучения влияния абиотических факторов (среднемесячная температура воздуха, количество осадков, глубина снежного покрова) были использованы сводки, полученные в Тульском центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Влияние биотических (численность и инфицированность мелких млекопитающих) и абиотических (температура воздуха, количество осадков, глубина снежного покрова) факторов природной среды на заболеваемость изучали с помощью регрессионного анализа и ИНС

Результаты и обсуждение. Современный лептоспироз в Тульской области – заболевание городских жителей, выезжающих в пригородные леса на отдых, для работы на дачных садово-огородных участках. Амплитуда колебаний ПЗ лептоспирозом на 100 тыс. населения в Тульской области в разные годы довольно широка и составляет от 0,3 до 20,0 при среднем многолетнем уровне показателя заболеваемости – 2,16.

Средний многолетний показатель инфицированности лептоспирами у обыкновенной полевки по области составляет 14,7% с амплитудой колебаний в разные годы от 0,3% до 26,7% (6).

Численность обыкновенной полевки в Тульской области испытывает колебания от 0,3% до 8,5% при среднем многолетнем показателе численности (СМЧ) 4,4% попадания в орудия лова. В лесной зоне показатель численности подвержен колебаниям от 0,4% до 17,6% (СМЧ=5,1%), в лесостепной зоне – от 0,2% до 10,0% (СМЧ=3,6%) (6).

Основной задачей в работе зоологов и эпидемиологов противочумных учреждений и учреждений Роспотребнадзора в субъектах Российской Федерации является проведение мониторинга за природными очагами инфекций, прогнозирование численности их основных носителей, переносчиков и заболеваемости на лето-осень текущего года, используя данные учета численности мелких млекопитающих и погодных условий зимы-весны данного года и наоборот.

Нами при прогнозировании заболеваемости с помощью регрессионного анализа в качестве выходного параметра модели (Y) был использован показатель заболеваемости лептоспирозом на 100 тыс. населения за период с 1998 по 2015 годы. Количество входных переменных (X) составило 15 факторов: весенняя численность и инфицированность обыкновенной полевки лептоспирами, среднемесячная температура

воздуха в январе, феврале, марте, апреле, мае текущего года, в ноябре декабре – прошлого года, а также среднемесячное количество осадков в данные месяца. Глубина снежного покрова в январе, феврале, марте текущего года.

Применение стандартных пакетов STATGRAPHICS PLUS 5.1 для определения параметров модели вышеперечисленных факторов с помощью пошаговой регрессии позволило получить следующие результаты.

Пошаговая регрессионная модель прогнозирования заболеваемости лептоспирозом представлена зависимостью:

$$Y = 19,426X_2 - 24,59X_3 + 25,66X_4 + 21,166X_5 - 41,58X_6 - 22,96X_7 + 4,29X_8 + 1,115X_9 + 0,759X_{10} + 5,87X_{11} + 2,35X_{12} - 8,89X_{13} + 12,16X_{14}$$

Из уравнения видно, что с помощью метода пошаговой регрессии из 15 факторов наиболее значимыми являются 13. Коэффициент корреляции модели $R = 99,68$ коэффициент детерминации $R^2 = 98,41$, уровень доверия-100%. Все коэффициенты модели значимы.

К наиболее значимым факторам, влияющим на увеличение заболеваемости, относятся: весенняя численность обыкновенной полевки, температура воздуха в феврале, марте, количество осадков в апреле, глубина снежного покрова в феврале. На снижение заболеваемости влияют: температура воздуха в январе, апреле, мае и глубина снежного покрова в январе.

Природный очаг лептоспироза представляет собой сложную экологическую систему «Человек – Мелкие млекопитающие – Погодные условия», который является сложной, не поддающейся точному описанию, созданной природой, динамической системой. При моделировании сложной системы необходимо учитывать возможные нелинейные влияния элементов на выходной параметр, синергетику и реципрокность при совместном влиянии отдельных факторов, необходимость учета в отдельных случаях не только количественных, но и категориальных факторов, нескольких выходных параметров. В данном случае нами были выбраны искусственные нейронные сети, позволяющие реализовать указанные условия при получении математической модели системы (3).

В ходе моделирования получена искусственная нейронная сеть (ИНС) на основе трехслойного многослойного персептрона (МП) с архитектурой МП 18:18 –13-1:1 (рис. 3).

Расположение факторов по чувствительности (рангу) полученной модели показаны в таблице 1.

Анализ результатов моделирования показывает, что наиболее существенное влияние на заболеваемость лептоспирозом оказывают: инфицированность обыкновенной полевки, температура воздуха в апреле и мае, глубина снежного покрова в марте и количество осадков в ноябре предыдущего года.

Архитектура : МП 18:18-13-1:1 , N = 1
 Производительность обуч. = 0,072759 , Контр. производительность = 0,000000 , Тест.
 производительность = 0,000000

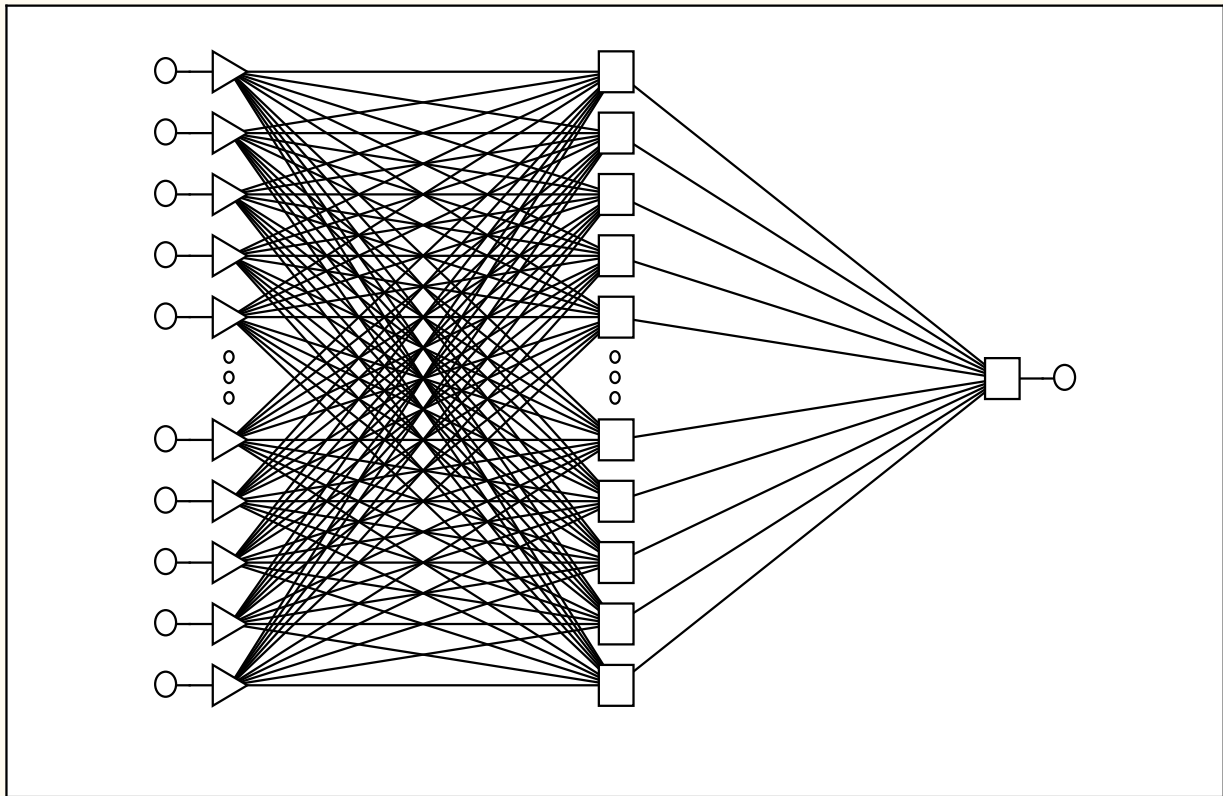


Рис. 3 . Архитектура ИНС системы «Заболеваемость лептоспирозом –
 Метеорологические факторы – Численность и инфицированность обыкновенных
 полевков

Таблица 1.

Расположение по рангу факторов, влияющих на заболеваемость лептоспирозом.

Название факторов	температура в мае	глубина снежного покрова в марте	осадки в ноябре предыдущего года	температура в апреле	инфицированность обыкновенной полевки
Ранг	1	2	3	4	5

Выводы. Таким образом, системный анализ показывает, что на заболеваемость лептоспирозом влияют как биотические, так и абиотические факторы. Регрессионный анализ и искусственные нейронные сети выявили, что на рост заболеваемости (лето-

осень) влияют: весенняя численность обыкновенной полевки, ее инфицированность, температура воздуха в апреле, мае, глубина снежного покрова в марте и количество осадков в ноябре предыдущего года. Высокая заболеваемость (выше среднемноголетнего уровня) прогнозируется при весенней численности обыкновенной полевки более 2% попадания в орудия лова, ее инфицированности свыше 20%, среднемесячной температуре апреля (+5 - +6), мая (+9 - +10), глубине снежного покрова не более 10 см, количестве осадков в ноябре предыдущего года не более 30 мм.

References:

1. *Evstegneeva VA, Chestnova TV, Smolyaninova OL. Regression analysis and forecasting of natural focal infections: Journal of new medical technologies. The electronic edition, 2015, № 4; 8-11.*
2. *Evstegneeva VA, Chestnova TV, Smolyaninova OL. Time series analysis in the prediction of natural focal infections: Journal of new medical technologies. The electronic edition, 2015, № 4; 12-15.*
3. *Evstegneeva VA. On the question of mathematical methods of forecasting the incidence of natural focal infections: Journal of new medical technologies, 2014, № 1; 10 – 13.*
4. *Logvinov SI, Smolyaninova OL, Terekhina LA. System analysis of complex influence of biotic and abiotic factors in the prediction of natural focal infections in the Tula region of heuristic methods of self-organization: Journal of Tula State Pedagogical University LN Tolstoy, 2005, № 2; 153-161.*
5. *Novohatka AD, Smolyaninova OL, Chestnova TV. Influence of infection and abundance of small mammals on the landscape and geographical areas of the Tula area on the incidence of leptospirosis serogroups grippothyfosae: Journal of new medical technologies, 2005, № 1; 122- 124.*
6. *Smolyaninova OL. System analysis and control epizootic-epidemic process in leptospirosis: dis. ... Cand. Biol. Sciences, Tula, 2005; 120.*