

УДК 616.988.25-002.954.2-036(571.5)

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КЛЕЩЕВЫМИ ПРИРОДНО-ОЧАГОВЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул

Широкоступ С.В., Салдан И.П., Лукьяненко Н.В.

*Разработанная технология эпидемиологического прогнозирования заболеваемости клещевыми природно-очаговыми инфекциями на основе нейросетевых и ГИС-технологий позволяет получить достоверные прогностические показатели уровней заболеваемости в эндемичных территориях. Реализация технологии обеспечивает учет более чем 25 факторов биотической и абиотической природы, имеющих значимое влияние на процесс формирования и поддержания высокой активности очагов инфекции. В данной статье представлено эпидемиологическое прогнозирование заболеваемости клещевым энцефалитом на модели Алтайского края и Республики Алтай.*

**Ключевые слова:** эпидемиологическое прогнозирование, природно-очаговые инфекции, клещевой вирусный энцефалит, эпидемический процесс.

*The developed technology of epidemiological forecasting of the incidence of tick-borne natural focal infections on the basis of neural network and GIS-technologies allows to obtain reliable prognostic incidence rates in endemic territories. Implementation of the technology provides taking into account more than 25 factors of biotic and abiotic nature, having a significant influence on the process of formation and maintenance of high activity of infection foci. This article presents epidemiological forecasting of the incidence of tick-borne encephalitis on the model of Altai Krai and the Republic of Altai.*

**Key words:** epidemiological forecasting, natural focal infections, tick-borne viral encephalitis, epidemic process.

Территория Западной Сибири вносит основной вклад в формирование заболеваемости клещевыми природно-очаговыми инфекциям в России [1, 2]. Регионы Сибирского федерального округа, расположенные в границах Западной Сибири, являются эндемичными по таким инфекциям, как клещевой вирусный энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз, риккетсиозы, лихорадка Западного Нила, лихорадка Кемерово, анаплазмоз, эрлихиоз и т.д. [3–5]. Высокая интенсивность контакта населения с очагами инфекции определяется существенной долей сельского населения в более чем 50% в демографической структуре регионов, занятостью значительной части населения в сельском и лесном хозяйстве, а также наличием антропоургических очагов инфекции в границах населенных пунктов [6, 7].

В настоящее время с учетом естественной миграции животных-прокормителей клещей по территории Западной Сибири, способствующей переносу клещей на большие расстояния, возрастают риски распространения «новых» для регионов Сибири возбудителей природно-очаговых инфекций [8–10]. Так, в степных районах Алтайского края в течение последнего десятилетия отмечается встречаемость клещей рода *Ixodes* и *Haemaphysalis*, ранее не характерных для этих территорий [11–13]. Выявление в клещах данных родов возбудителей нескольких инфекций способствует формированию новых очагов инфекций, повышая риск потенци-

альной эпидемической опасности заражения населения [14, 15].

Целью исследования является разработка технологии эпидемиологического прогнозирования заболеваемости клещевыми природно-очаговыми инфекциями в Западной Сибири на примере клещевого вирусного энцефалита в модельных территориях – Алтайском крае и Республике Алтай.

### Материалы и методы

В качестве материалов исследования были использованы данные Управления федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Алтайскому краю, Управления федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Алтай. Данные лабораторных исследований получены совместно с ФБУН «Центральный НИИ эпидемиологии» Роспотребнадзора. Обработка данных, полученных в ходе исследования, осуществлялась с использованием программ пакета Statistica 13.0, включая нейронные сети, иерархический кластерный анализ. В оценке пространственного распространения изучаемых явлений по территории регионов СФО использовались ГИС-технологии программы ArcGIS.

### Результаты и обсуждение

В рамках проведения ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемо-

сти КЭ в период с 2000 по 2017 гг. в Сибирском федеральном округе (СФО) была установлена выраженная тенденция к снижению показателей заболеваемости населения с  $15,4 \pm 0,17$  ‰ до  $5,8 \pm 0,27$  ‰ соответственно ( $p < 0,001$ ) со средним многолетним уровнем в  $10,1 \pm 0,23$  ‰. Также в течение данного периода отмечалось снижение уровня смертности от КЭ с  $0,14 \pm 0,03$  ‰ до  $0,05 \pm 0,01$  ‰ ( $p < 0,001$ ). Методом авто-

корреляции была определена многолетняя цикличность заболеваемости КЭ в СФО, составившая 9 лет и соответствующая показателю многолетней цикличности КЭ в целом по РФ. Для данной нозологии была характерна весенне-осенняя сезонность с началом регистрации первых случаев заболевания в апреле и пиком заболеваемости в июне (рисунок 1).

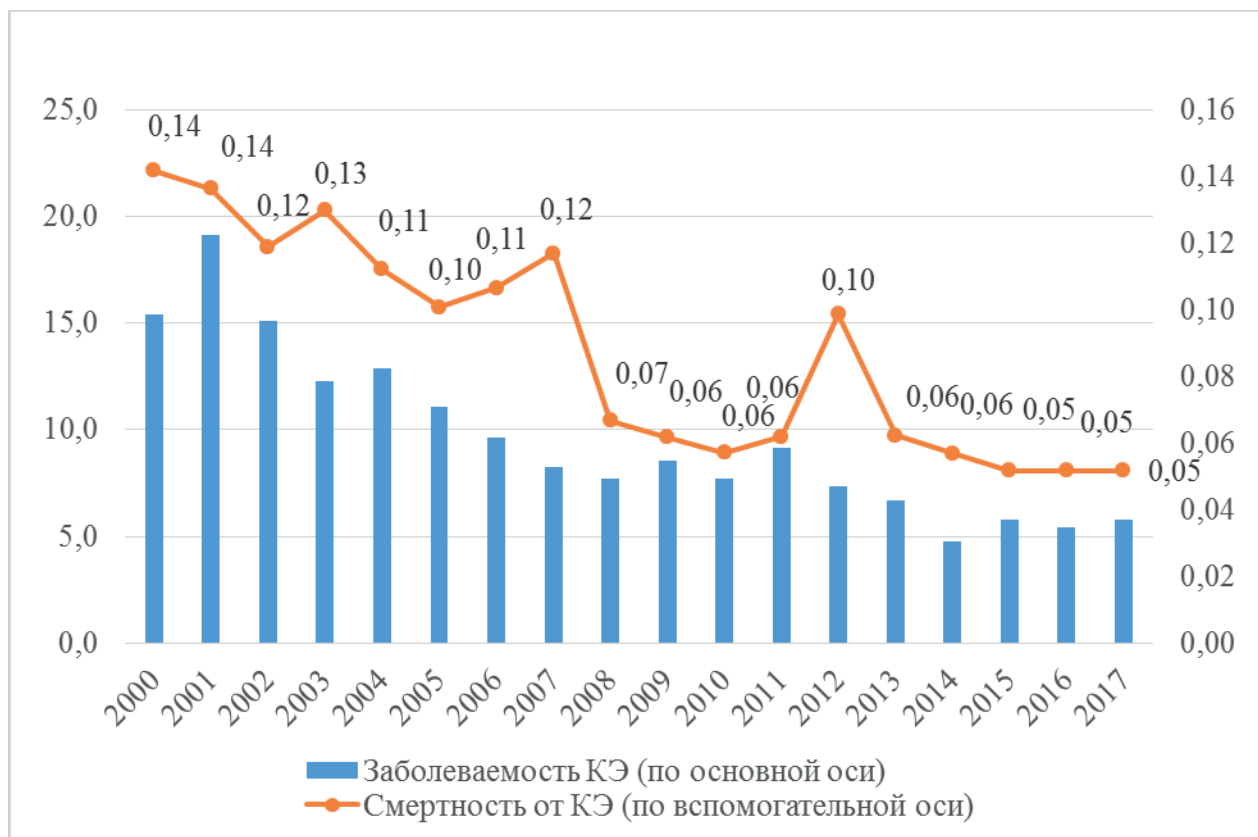


Рисунок 1 – Динамика заболеваемости КЭ и смертности от КЭ в СФО в 2000–2017 гг. (‰).

В структуре среднего многолетнего показателя заболеваемости КЭ в СФО в 2000–2017 гг. наибольшая доля случаев болезни приходилась на Красноярский край (33,6%), Томскую (14,2%), Кемеровскую (9,9%), Иркутскую область (8,5%). В границах территории указанных регионов расположены множественные ареалы обитания клещей-переносчиков, определяющие формирование природных и антропогенных очагов инфекции. Поддержанию высокой активности очагов инфекции также может способствовать комплекс природно-климатических факторов, которыми определяются благоприятные для существования клещей и их прокормителей условия среды обитания.

Одной из характеристик эпидемического процесса КЭ в СФО в период с 2000 по 2017 гг. являлось преобладание заболеваемости сельского населения над городским на 27,5%. Средний многолетний показатель заболеваемости жителей сельских районов СФО составил  $13,4 \pm 1,57$  ‰, городских –  $9,7 \pm 0,84$  ‰. Сложив-

шаяся ситуация была обусловлена наличием в составе СФО регионов с более чем 50% жителей сельской местности в демографической структуре, включая Республику Бурятия (80%), Забайкальский край (68%), Республику Алтай (68%), Республику Тыва (67%), Омскую область (66%), Алтайский край (50%), Республику Хакасия (40%).

Уровень заболеваемости КЭ среди взрослого населения СФО составил  $8,7 \pm 0,82$  ‰, что на 39,7% выше аналогичного показателя среди детского населения в возрасте до 17 лет, составившего  $6,2 \pm 1,39$  ‰. В группе взрослого населения выделялись группы профессионального риска заражения, чья деятельность преимущественно связана с сельским и лесным хозяйством, туризмом и сферой обслуживания туристической отрасли экономики в эндемичных регионах. В течение 2000–2017 гг. ежегодно в регионах СФО регистрировалось в среднем 1321 случай заболевания КЭ среди взрослого населения, что в 6 раз выше числа случаев бо-

лезни среди детей и подростков в возрасте до 17 лет. При этом 77,8% всех случаев заболевания в СФО среди взрослого населения обеспечили Иркутская область (96 случаев ежегодно), Новосибирская область (140 случаев ежегодно), Кемеровская область (165 случаев ежегодно), Томская область (185 случаев ежегодно), Красноярский край (442 случая ежегодно).

В целях разработки технологии эпидемиологического прогнозирования заболеваемости КЭ в эндемичных регионах Западной Сибири определялись модельные территории, в границах которых имеются активные очаги инфекции и ежегодно регистрируемая заболеваемость КЭ среди населения. В качестве модельных регионов были выбраны Алтайский край и Республика Алтай, что определялось консолидацией в их границах ведущих факторов, способствующих формированию тенденции к росту заболеваемости

КЭ. Для выбора модельных территорий из числа регионов СФО был проведен анализ на основе иерархической кластеризации, в основе которого находились выборки факторов биотической и абиотической природы за период с 1956 по 2017 гг.

В качестве метода кластеризации был выбран метод Варда, что предполагало нормализацию показателей всех выборок с расчетом средних значений по каждому выбранному для анализа фактору и объединение регионов СФО в кластеры. Полученные данные позволили выделить модельный кластер, включающий Алтайский край и Республику Алтай, а также зависимый от модельного кластер, включающий остальные регионы СФО. На основании полученных результатов была построена дендрограмма, которая отражает итоги кластеризации (рисунок 2).



Рисунок 2 – Дендрограмма иерархического кластерного анализа регионов СФО с выделением модельного (1) и зависимого (2) кластеров.

Для каждой из модельных территорий были разработаны нейросетевые модели, которые позволили обеспечить прогнозирование заболеваемости и числа пострадавших от присасывания клещей лиц. Также с использованием нейронных сетей были определены перспективные объемы мер профилактики, необходимые для оптимизации мер эпидемиологического контроля заболеваемости КЭ.

Результаты проведенного исследования показали, что для Алтайского края как модельной территории для снижения заболеваемости КЭ на 32,6% до 0,91  $\frac{0}{1000}$  в сравнении с показателем предыдущего периода необходимо увеличение объема акарицидных обработок на 10% до показателя в 2223,3 га, увеличение объема серопротекции на 3,4% до показателя в 10000

доз в год, увеличение объема вакцинации против КЭ на 10% до 77500 доз в год. Для Республики Алтай в целях снижения заболеваемости на 32,1% до 4,21 в сравнении с показателем предыдущего периода необходимо увеличение площади акарицидных обработок на 20% до показателя в 817,2 га, увеличение объема серопротекции на 4,9% до показателя в 2300 доз в год, увеличение объема вакцинации против КЭ на 10% до 28500 доз в год.

В рамках проведенного исследования изучались естественные миграционные процессы клещей-переносчиков КЭ по территории модельных регионов. Было установлено, что миграция клещей направлена от юго-восточных к западным границам Алтая, что обуславливает формирование новых очагов КЭ на терри-

ториях, ранее не являвшихся эндемичными. Полученные данные отражают вероятность повышения риска заражения населения СФО помимо КЭ такими возбудителями, как лихорадка Кемерово, *R. tarasevich*, *Borellia myiamotoi*, *Anaplasma phagocytophilum*, лихорадка Запад-

ного Нила и т.д. Результаты изучения перспективного пространственного распространения «новых» возбудителей клещевых инфекций по территории модельных регионов Алтайского края и Республики Алтай были картографированы (рисунок 3).

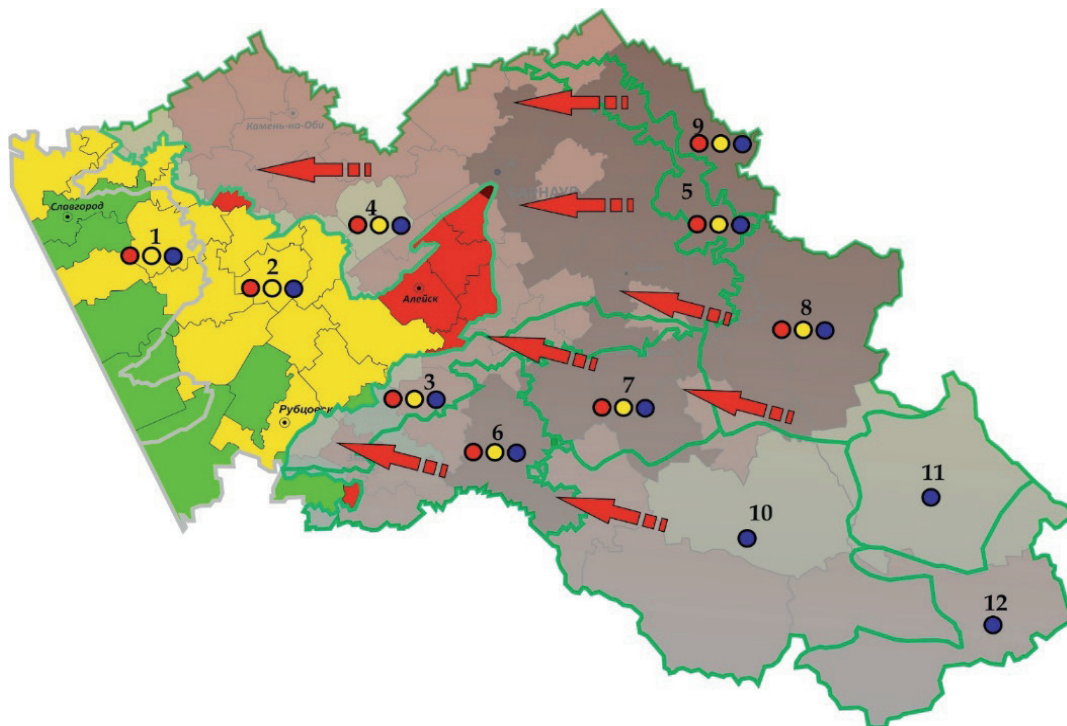


Рисунок 3 – Картограмма перспективного пространственного распространения «новых» возбудителей клещевых инфекций по территории модельных регионов Алтайского края и Республики Алтай.

### Заключение

Эпидемиологическое прогнозирование заболеваемости КЭ в регионах СФО должно основываться на анализе совокупности множества биотических и абиотических факторов. В эндемичных территориях СФО проявления эпидемических процессов КЭ характеризуются идентичностью и наличием взаимных зависимостей, что обусловлено наличием единых природно-климатических комплексов в границах Западной Сибири. Меняющиеся условия внешней среды под влиянием комплекса факторов биотической, абиотической и антропогенной среды влекут за собой неизбежное изменение эпидемической ситуации и обеспечение ее оперативного мониторинга.

Разработанные алгоритмы нейросетевого прогнозирования позволяют обеспечить вычисление перспективных показателей заболеваемости КЭ, числа пострадавших от присасывания клещей и необходимый объем мер эпидемиологического контроля заболеваемости. Полученные с учетом нейросетевого эпидемиологического прогнозирования результаты позволяют определить перспективное пространственное распространение «новых» для модельных регионов возбудителей клеще-

вых инфекций и экстраполировать полученные данные на другие эндемичные по КЭ регионы СФО.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы:

1. Злобин В.И., Демина Т.В., Беликов С.И. и др. Генетическое типирование штаммов вируса клещевого энцефалита на основе анализа уровней гомологии фрагмента гена белка оболочки. *Вопросы вирусологии*. 2001;1:17-21.
2. Злобин В.И., Алимов А.В. Некоторые вопросы клещевого энцефалита. *Актуальные аспекты вирусных инфекций*. Екатеринбург, 2016:41-49.
3. Иерусалимский А.П. Клещевые инфекции в начале XXI века. *Неврологический журнал*. 2009;14(3):16-20.
4. Покровский В.И., Пак С.Г., Бирко Н.И., Данилкин Б.К. *Инфекционные болезни и эпидемиология*. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2007:816.
5. Конькова-Рейдман А.Б., Злобин В.И. *Сочетанная инфекция иксодового клещевого боррелиоза и клещевого энцефалита на Южном Урале*. Челябинск, 2016.

6. *Лабораторная диагностика опасных инфекционных болезней. Практическое руководство.* Под ред. Г.Г. Онищенко, В.В. Кутырева. Москва; 2009:472.

7. Пеньевская Н.А., Рудаков Н.В. Оценка эффективности этиотропной профилактики инфекций, передающихся иксодовыми клещами: систематизация понятий и методологические особенности. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика.* 2018;17(6 (103)):48-56.

8. Покровский В.И., Филатов Н.Н., Палышев И.П. *Описательное эпидемиологическое исследование.* Москва: Санэпидмедиа; 2005:240.

9. Рудаков Н.В., Рудакова С.А., Ястребов В.К., Пеньевская Н.А., Савельев Д.А. Эпидемиология клещевых трансмиссивных инфекций в России. *Инфекция и иммунитет.* 2017;S:61.

10. Рудакова С.А. Резервуарная роль мелких млекопитающих в сочетанных природных очагах бактериальных инфекций Западной Сибири. *Зоологический журнал.* 2010;89(1):88-92.

11. Тюлько Ж.С., Якименко В.В., Рудаков Н.В., Савельев Д.А., Андаев Е.И., Балахонов С.В. Дифференциация территорий Российской Федерации по уровням заболеваемости клещевым энцефалитом на основе дискриминантного анализа. *Инфекция и иммунитет.* 2017;S:223.

12. Хазова Т.Г., Ястребов В.К. Эпизоотолого-эпидемиологический надзор за трансмиссивными природно-очаговыми инфекциями в Красноярском крае. *Эпидемиология и инфекционные болезни.* 2003;4:15-18.

13. Шпынов С.Н., Рудаков Н.В., Савельев Д.А., Самойленко И.Е., Решетникова Т.А., Кумпан Л.В., Пеньевская Н.А. Результаты и перспективы работы Референс-центра по мониторингу за риккетсиозами ФБУН «Омский НИИ природно-очаговых инфекций» Роспотребнадзора. *Бюллетень медицинской науки.* 2019;2(14): 4-8.

14. Щучинова Л.Д., Карань Л.С., Журенкова О.Б., Дедков В.Г., Щучинов Л.В., Злобин В.И. Выявление вируса Кемерово в иксодовых клещах Республики Алтай. *Инфекционные болезни.* 2016;14(S1): 320.

15. Ястребов В.К., Рудаков Н.В., Шпынов С.Н. Трансмиссивные клещевые природно-очаговые инфекции в Российской Федерации: тенденции эпидемического процесса, актуальные вопросы профилактики. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск).* 2012;111(4): 91-93.

#### Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Широко-стун Сергей Васильевич, к.м.н., доцент, доцент кафедры эпидемиологии, микробиологии и вирусологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 40. Тел.: (3852) 566869. E-mail: shirokostup@yandex.ru

#### Информация об авторах

Салдан Игорь Петрович, д.м.н., профессор, ректор, заведующий кафедрой гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 40. Тел.: (3852) 656800. E-mail: rector@agmu.ru

Лукьяненко Наталья Валентиновна, д.м.н., профессор, профессор кафедры эпидемиологии, микробиологии и вирусологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, ул. Папанинцев, 126. Тел.: (3852) 566924. E-mail: natvalluk@mail.ru