



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии климатологии и охраны атмосферы

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему: «Влияние изменения климата на распространение клещевого энцефалита»

Исполнитель Садкова Кристина Дмитриевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат технических наук доцент
(ученая степень, ученое звание)

Лебедев Андрей Борисович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат физико-математических наук доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сероухова Ольга Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

«11» июня 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Содержание

Введение.....	4
1 Общие сведения о клещевом энцефалите.....	6
1.1 Краткий исторический очерк исследований клещевого энцефалита	6
1.2 Жизненный цикл иксодовых клещей.....	10
1.3 Механизмы распространения вируса клещевого энцефалита.....	15
2 Распространение вируса клещевого энцефалита.....	17
2.1 Географическое распространение клещевого энцефалита	17
2.2 Условия, благоприятные для распространения иксодовых клещей.....	22
2.3 Устойчивость вируса клещевого энцефалита к внешней среде.....	28
3. Влияние климатических изменений на распространение клещевого энцефалита	30
3.1 Климатические условия природного эндемичного района Новосибирска...	30
3.2 Влияние современных изменений климата на распространение клещевого энцефалита	35
Заключение	40
Список использованной литературы.....	41

Введение

Клещевой энцефалит (КЭ) – это острая природно-очаговая вирусная инфекция, сопровождающаяся лихорадкой, интоксикацией, поражением головного и спинного мозга [1]. Заболевание может привести к стойким неврологическим осложнениям и даже к смерти. Заболевание распространено в основном в лесных районах Европы и северо-восточной Азии. Для распространения заболевания необходима определенная совокупность физико-географических и климатических условий, обеспечивающих существование и размножение переносчиков инфекции – иксодовых клещей.

С течением времени вследствие естественной изменчивости климата, а также хозяйственной деятельности человека (вырубка лесов, изменения водных объектов и т.д.) изменяются места обитания (ареалы) иксодовых клещей.

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению влияния изменения климата на распространение клещевого энцефалита.

Целью данной работы является выявление закономерностей изменения климата на распространение клещевого энцефалита.

Для достижения поставленной цели предполагается решить следующие задачи:

- изучить состояние вопроса открытия вируса клещевого энцефалита (ВКЭ) и гипотез его распространения;
- рассмотреть жизненный цикл развития основных распространителей ВКЭ – иксодовых клещей;
- выполнить анализ механизмов распространения ВКЭ в ареалах их обитания;
- изучить особенности географического распространения ВКЭ и иксодовых клещей;
- изучить экологические условия, благоприятные для жизнедеятельности иксодовых клещей и ВКЭ;

- изучить климатические условия, благоприятные для жизнедеятельности иксодовых клещей на примере устойчиво эндемичного района;
- рассмотреть тенденции изменения современного климата;
- на основе анализа полученных выше результатов сделать выводы о влиянии климата на распространение клещевого энцефалита.

Первая глава посвящена решению первых трех вышеперечисленных задач.

Во второй главе рассматриваются особенности географического распространения и условия, благоприятные для жизнедеятельности иксодовых клещей и вируса клещевого энцефалита.

В третьей главе рассматриваются климатические условия, благоприятные для жизнедеятельности иксодовых клещей на примере г. Новосибирска, который не только является устойчиво эндемичным районом, но там на протяжении более 40 лет проводятся исследования ВКЭ; тенденции изменения современного климата и сделаны выводы о влиянии климата на распространение клещевого энцефалита.

1 Общие сведения о клещевом энцефалите

Клещевой энцефалит или, по международному классификатору заболеваний МКБ-10, энцефалит весенне-летнего типа (таежный) – вирусная инфекция, поражающая оболочку, серое и белое вещество и другие отделы головного и спинного мозга центральной нервной системы, корешки спинномозгового нерва и периферические нервы, приводящая к развитию парезов и параличей [2].

Так как, вирус клещевого энцефалита (ВКЭ) обнаружен сравнительно недавно, то информативно будет привести историю его открытия.

1.1 Краткий исторический очерк исследований клещевого энцефалита

В середине 1930-х годов в военных гарнизонах на Дальнем Востоке появилась опасная эпидемия. У зараженных резко поднималась температура, начинались сильные головные боли и ломота в мышцах, рвота, через несколько дней жертва впадала в бредовое состояние. Часто болезнь заканчивалась параличом и смертью.

Ее клиническую картину впервые описал начальник неврологического отделения флотского военного госпиталя во Владивостоке А.Г. Панов в 1935 г, который дал название данному заболеванию – весенне-летний энцефалит. Приблизительно в это же время в Хабаровском крае изучением этого заболевания занимались под руководством военного врача И.З. Финкеля местные врачи – А.Н. Красник, Б.В. Ладинский, Б.О. Рабинович, А.М. Ткачев, А.Н. Шаповал. Исследователи, отметив сезонность и приближенность распространения очагов болезни к лесным районам, предположили, что болезнь является японским энцефалитом (или летним энцефалитом), внезапная вспышка

которого в 1920-е годы унесла более шести тысяч жизней в Японии. Японский энцефалит распространялся комарами и носил очаговую форму.

В мае 1937 г. на Дальний Восток была направлена комплексная экспедиция Наркомздрава под руководством вирусолога Л.А. Зильбера. Состав экспедиции был разделен на два отряда (северный и южный), которые проводили исследования в Хабаровском и Приморском краях.

В состав северного отряда вошли: Е.Н. Левкович (начальник отряда), вирусологи – М.П. Чумаков, Н.В. Рыжов, эпидемиолог – В.Л. Ольшевская, патоморфолог – А.Г. Кестнер, энтомологи – А.В. Гуцевич, А.Н. Скрынник и зоолог – П.Е. Грачев, невропатолог – А.Н. Шаповал, лаборанты – Г.Н. Зорина-Николаева и Васильева. Местом работы отряда служил Оборский леспромхоз. В южный отряд входили: А.Д. Шеболдаева (начальник отряда), вирусологи – А.К. Шубладзе, В.Д. Соловьев, эпидемиолог – Т.М. Сафонова, паразитолог А.С. Мончадский, местный невропатолог – А.Г. Панов, лаборант – Е.Ф. Гневышева. Местом работы были Краевая больница Владивостока и медицинские учреждения Тихоокеанского флота.

За три месяца в невероятно тяжелых условиях дальневосточной тайги группа молодых ученых определила переносчика заболевания – иксодового клеща (*I. Persulcatus* – таежного клеща), обнаружила ранее неизвестный вирус и смогла выявить 29 его штаммов, описала основные эпидемиологические особенности заболевания, изучила его клиническую картину, предложила методы профилактики на основе защиты от укусов клещей [1].

Последующие исследования показали, что клещевой энцефалит не уникален для Дальнего Востока, а распространен гораздо шире. В Европе КЭ впервые был диагностирован в Чехословакии в 1948 г., и получил название центрально-европейский энцефалит. Напомню, что в России заболевание первоначально именовалось весенне-летний эпидемический энцефалит. Со временем повсеместно утвердилось общее название клещевой энцефалит.

В 2012 г. в Иркутске прошла Международная конференция, которая показала, что в настоящее время не существует единого мнения относительно аспектов – откуда, когда и каким образом распространился вирус клещевого энцефалита (ВКЭ) по территории Евразии [3]. Доминирующая гипотеза о клинальном распространении вируса с востока на запад Евразии, предполагает местом возникновения ВКЭ – Дальний Восток. Альтернативное мнение, появившееся сравнительно недавно, высказано новосибирскими учеными, которые заключили, что местом происхождения ВКЭ является Западная Европа, и тогда распространение ВКЭ проходило с запада на восток. И наконец, третий компромиссный взгляд, который также представлен научной общественности недавно, предполагает районом появления ВКЭ – Сибирь, а распространение вируса происходило и на запад, и на восток. Наблюдается также и сильное расхождение в оценке времени происхождения ВКЭ, которое варьирует от 2,25 до 5-7 тыс. лет. При этом авторы гипотез используют одни и те же нуклеотидные последовательности и одно и то же программное обеспечение.

Повествование будет не полным, если не упомянуть версию японского искусственного происхождения ВКЭ, как биологического оружия. Появлению данной гипотезы способствовали факты того, что работы по созданию биологического оружия в милитаристской Японии проводились; заболевание КЭ появился на Дальнем Востоке спустя более 10 лет после эпидемии летнего энцефалита в Японии, разносчиком, которого были комары; а также то, что жители Японии практически не подвержены заболеваниям клещевым энцефалитом (по видимому, знают как с ним бороться). По рассекреченным данным о деятельности «отряда 731», энцефалит действительно рассматривался в качестве биологического оружия, но в качестве разносчиков вируса все-таки предполагались комары.

Объяснить же слабую восприимчивость японцев к ВКЭ возможно, тем обстоятельством, что совместная эволюция паразита и его хозяина (к числу

которых следует отнести и коренных жителей) чаще всего идет в направлении уменьшения негативного воздействия паразита на организм хозяина.

1.2 Жизненный цикл иксодовых клещей

Основными переносчиками ВКЭ в природе являются два вида иксодовых клещей: лесной клещ – *Ixodes ricinus*, и таежный клещ – *Ixodes persulcatus* (рис. 1.1). Следует сказать, что в циркуляции вируса в природе участвуют около двух десятков видов клещей, однако значимого эпидемиологического значения остальные не имеют.



Рисунок 1.1 – Внешний вид иксодовых клещей: а – лесного; б – таежного

По внешнему виду, клещей можно ошибочно принять за насекомых, однако у взрослых клещей имеется четыре пары ног, как у пауков, а не три пары, как у насекомых. Вместе с пауками клещи составляют класс паукообразных (*Arachnida*), который наряду с ракообразными, насекомыми и многоножками образует тип членистоногих (*Arthropoda*). Известно более 50 тыс. видов клещей, которые являются паразитами, но далеко не все представляют опасность для человека.

В процессе своего развития клещ последовательно проходит ряд жизненных стадий (фаз): яйцо, личинка, нимфа, имаго (или половозрелая особь). Для того чтобы перейти в следующую стадию развития (перелинять), клещ обязательно должен напитаться кровью один раз. Если клещу на какой-нибудь стадии развития этого не удастся, он перезимует голодным, но при этом не

перелиняет. Тогда цикл его развития, в норме составляющий три года, может растянуться. Период жизненного цикла таежного клеща от яйца до имаго может составлять от 2,5 до 5 лет, лесного клеща – от 3 до 7 лет [4].

Для большинства иксодовых клещей характерен пастбищно-подстерегающий тип паразитизма, при котором паразиты поднимаются на растительность и подстерегают потенциальных хозяев. Кроме того, для них характерен и гнездово-норный тип паразитизма, когда клещи на всех стадиях развития нападают на прокормителей в норах и гнездах. У некоторых клещей отмечается смешанный тип паразитизма.

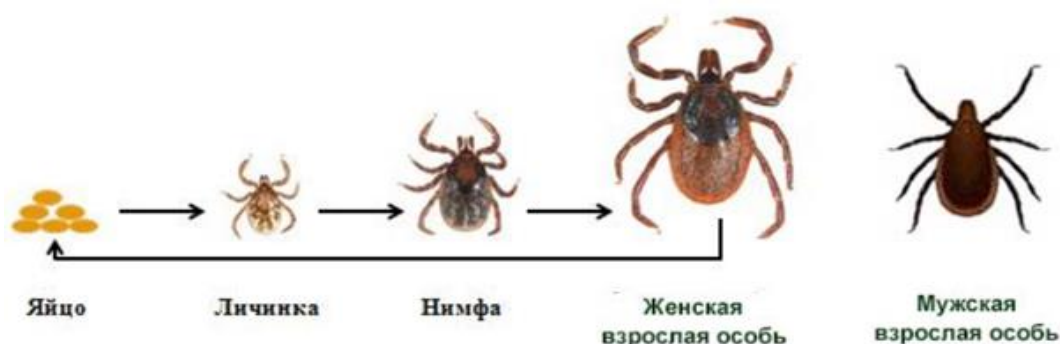


Рисунок 1.2 – Стадии жизненного цикла клещей

Самка клеща откладывает до 2,5 тыс. яиц (рис. 1.3) и умирает. В зависимости от сроков откладки яиц, вылупление личинок может происходить спустя несколько недель в год яйцекладки, либо при откладке яиц в конце лета или осенью – на следующий год из перезимовавших яиц. На данной стадии клещи имеют три пары ног.

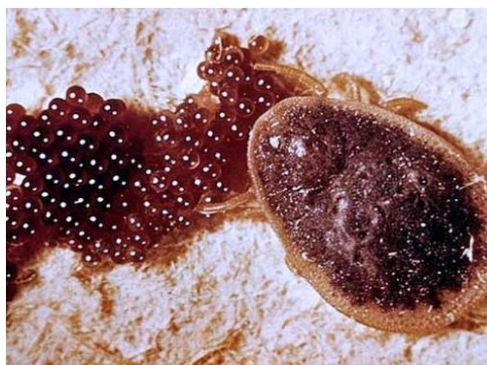


Рисунок 1.3 – Самка клеща, откладывающая яйца

Вылупившиеся личинки взбираются на высокую траву или кустарник, и нападают на мелких животных (полевок, землероек и др.), земноводных и птиц, присасываются к ним и сосут кровь в течение 3-4 дней. Расставшись с хозяином (прокормителем), сытая личинка укрывается в сухой лесной подстилке, где линяет и превращаются в нимфу.

Нимфы крупнее личинок и, в отличие от них, имеют не три, а четыре пары ног. Перезимовав в лесной подстилке, нимфы нападают на более крупных животных (белок, зайцев, ежей) или птиц. Личинки и нимфы цепляются за пробегающих рядом зверьков, присасываются к ним своим сложно устроенным ротовым аппаратом. Излюбленное место прикрепления – ушные раковины, где тоньше кожа, меньше шерсти, близко расположены крупные кровеносные сосуды (рис. 1.4). Объем выпитой крови при «кормлении» в десятки раз превышает ее собственный. Напитавшаяся нимфа через год превращается во взрослую особь – самку или самца.



Рисунок 1.4 – Присосавшаяся нимфа на прокормителе

По аналогии с кровососущими насекомыми, можно предположить, что питается кровью только самка, что в общем-то не верно. Самцы мельче самок и имеют темно-коричневый щиток, закрывающий почти все тело, а у самки щиток прикрывает две трети тела и из-за щитка выступает ярко-красное брюшко.

Самцы во взрослом состоянии питаются немного, и поэтому пищеварительный аппарат у них не развит. Самка для того, чтобы отложить яйца, обязательно должна еще раз напитаться кровью. Для будущего потомства мышинной крови уже недостаточно, поэтому жертвами становятся крупные обитатели леса: зайцы (рис. 1.5, а), копытные или хищники – или его временные посетители: человек и домашние животные. Самки клещей сосут кровь в течение 5-7 суток, увеличиваясь до размеров крупной фасоли. Вес клеща при этом увеличивается более, чем в 100 раз (рис. 1.5, б). Покровы тела приобретают грязно-серый цвет.

а)



б)



Рисунок 1.5 – Самки клещей:

а – в процессе кровососания; б – до и после кровососания

С точки зрения решаемой задачи представляется важным более подробно рассмотреть процесс «охоты» взрослого клеща. Клещи для засады располагаются на концах травинок (рис. 1.6, а), сучках и веточках (рис. 1.6, б) на высоте до 0,5 м. С помощью органов Галлера (специфических анализаторов «запахов»), находящихся на передних «лапах», клещ заранее (за 8-10 м) чувствует приближающегося животного или человека. При этом они вытягивают

передние пары ног и начинают ими двигать в разные стороны, готовясь к переходу на поверхность тела прокормителя.

а)



б)



Рисунок 1.6 – Клещ ожидает прокормителя: а – на травинке; б – на ветке

Зацепившись за шерсть животного или одежду человека с помощью коготков и присосок, клещ перемещается вверх и оказывается на плече, вороте одежды, затылке или шее хозяина. Оказавшись на коже, клещ начинает искать место с малоподвижной и не очень толстой кожей (голова и шея, паховые, подколенные, подмышечные области, спина вдоль позвоночника и т.п.), выбирая участки, с минимальным количеством болевых рецепторов, чтобы присасывание клеща в первые часы осталось незамеченным. Место присасывания клещи выбирают тщательно, по времени этот процесс у них занимает от часа до двух.

Прокормителя ищут как самки, так и самцы: для питания и спаривания. Перед оплодотворением клещи не должны быть голодными. Спаривание клещей происходит на хозяине. После оплодотворения самка покидает хозяина для откладки яиц, а самец остается и ищет новую самку. В сезон самец может оплодотворить несколько десятков самок.

Размеры иксодовых клещей составляют от 1-8 мм в голодном состоянии, напивавшиеся клещи увеличиваются в несколько раз (до 30 мм).

1.3 Механизмы распространения вируса клещевого энцефалита

Основными переносчиками и резервуарами вируса клещевого энцефалита являются иксодовые клещи. Их врожденная инфицированность поддерживает постоянный уровень зараженности этих насекомых. Под резервуаром вируса здесь понимается животный организм, в котором гнездится (живет) вирус.

В зависимости от концентрации патогена в организме самки клеща часть отложенных яиц (около 5%) оказывается инфицированной. Такая форма передачи вируса от взрослой особи к потомству называется вертикальной или трансвариальной передачей возбудителя. Личинки, а затем нимфы и имаго, развившиеся из таких яиц, также будут зараженными – трансфазовая передача возбудителя. Зараженные особи клещей, независимо от того, голодные они или сытые, сохраняют возбудитель пожизненно. В течении жизненного цикла у зараженных клещей происходит увеличение концентрации возбудителя, которая достигает своего максимума в организме взрослого клеща. Следует отметить и возможность инфицирования самок клещей их самцами через инфицированные сперматозоиды, что также дает начало вертикальному пути заражения потомству клещей.

Однако, длительное сохранение популяции вируса только за счет клещей невозможно из-за большой гибели членистоногих на каждом этапе жизненного цикла [1]. Пополнение популяции возбудителя обеспечивается регулярным заражением клещей во время их питания на инфицированных животных: грызунах, птицах, земноводных, диких и домашних животных.

Основной механизм заражения клещевым энцефалитом животных и человека – трансмиссивный (при укусах инфицированными клещами во время кровососания).

При скрещивании зараженных самцов лабораторных мышей со здоровыми самками была обнаружена передача ВКЭ половым путем.

Кроме того, прокормители (особенно, мышевидные грызуны и зайцы) могут инфицироваться алиментарным путем, реализуемым в период вскармливания детенышей инфицированными самками.

Человек также может заразиться алиментарным путем, реализуемым при употреблении сырого молока (сливок, сметаны, творога) инфицированных коз и овец. Употребление коровьего молока обычно не ведет к заражению, так как у коров к периоду лактации появляются вируснейтрализующие антитела [1].

Возможна также передача возбудителя через фекалии клеща при попадании их на кожу и последующего втирания в кожу при расчесывании. Не исключается механическая передача возбудителей при случайном раздавливании клещей во время их снятия с животных (собаки) и попадания содержимого кишечника клеща в микротравмы кожи или на слизистые оболочки глаз [4].

Человек не является компонентом резервуара инфекции, поскольку низкое содержание патогенов в крови не обеспечивает передачу возбудителя КЭ клещу [4].

Таким образом, в природе вирус поддерживается постоянной циркуляцией по замкнутой цепи: клещи – животные-прокормители – клещи. Основными переносчиками и резервуарами вируса клещевого энцефалита являются иксодовые клещи.

2 Распространение вируса клещевого энцефалита

2.1 Географическое распространение клещевого энцефалита

Вирус клещевого энцефалита распространен в лесной и лесостепной умеренной климатической зоне Евразийского континента. Следует особо отметить природно-очаговый характер распространения КЭ.

Наиболее обширные очаги ВКЭ находятся на территории Российской Федерации, где он выявлен более чем в 40 субъектах федерации [4, 5] (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Распространение ВКЭ на территории РФ

Местность считается эндемичной, если вирус постоянно на протяжении многих лет проявляется именно в этой местности. В 2017 году зарегистрировано 1,9 тыс. случаев КЭ (1,32 на 100 тыс. населения). В 2012–2017 гг. от КЭ умерло 209 человек. В высокоэндемичных регионах показатели заболеваемости значительно выше, чем в РФ в целом

Основная заболеваемость приходится на высокоэндемичные районы Среднего и Южного Урала, южные части Западной и Восточной Сибири, Дальний Восток. В последнее время случаи заболевания клещевым энцефалитом стали выявляться в районах ранее благополучных Пензенской, Ярославской, Магаданской, Камчатской областей и др. территорий. Впервые зарегистрированы больные клещевым энцефалитом в Московской и Ивановской областях. Изменился и контингент больных клещевым энцефалитом. До 75-80 процентов от общего числа заболевших составляют жители городов, заражение которых происходит во время выездов на природу (на дачи, к водоемам и т.д.)

Природные очаги инфекции имеются на территории 18 стран Западной, Центральной, Восточной и отчасти Северной Европы и 4 стран Азии [4] (рис. 2.2).

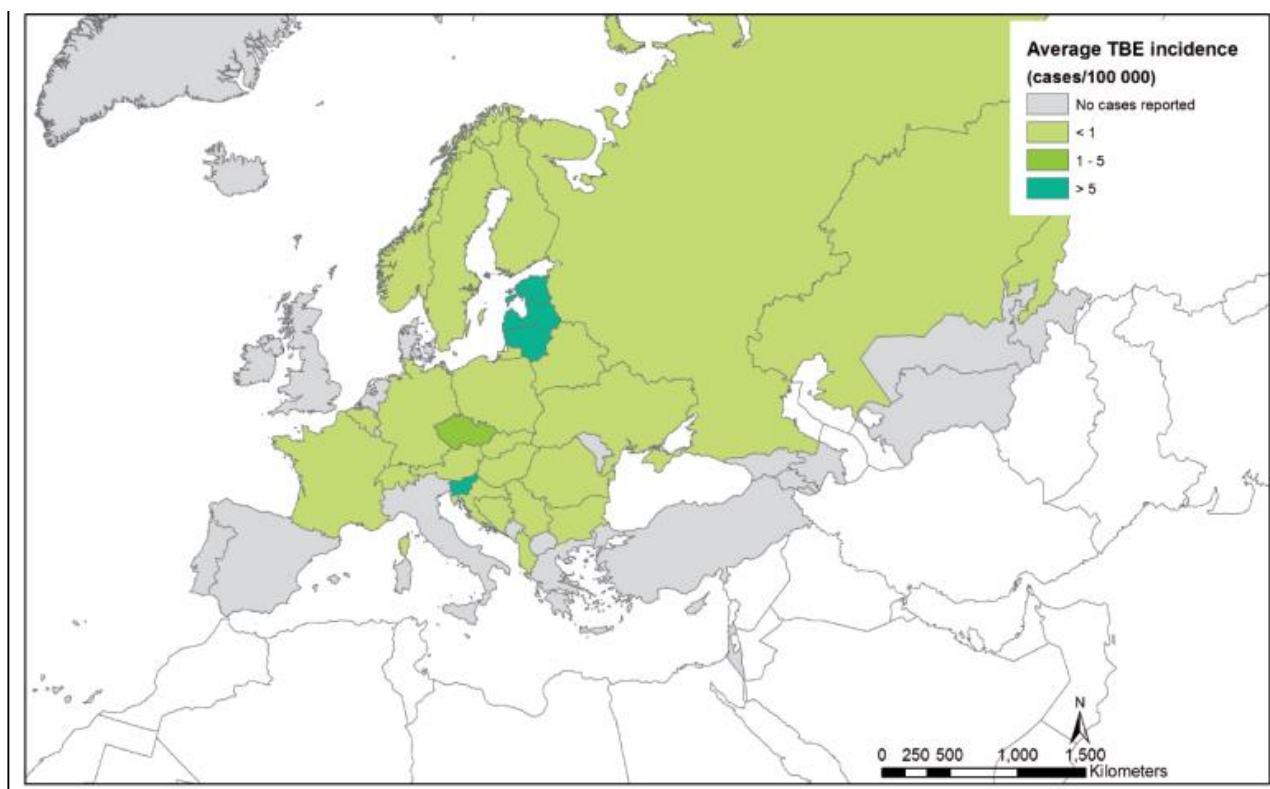


Рисунок 2.2 – средняя заболеваемость КЭ (случаи на 100 000), согласно данным централизованной информационной системы ВОЗ по инфекционным заболеваниям (cisiD), 1990-2010

Выделяют три основных генотипа (подтипа) ВКЭ:

– Европейский (или западный) подтип вируса (ВКЭ-Eu) с прототипным штаммом «Ньюдорфл» (включает другие штаммы этого вируса из Австрии, Швейцарии, Франции, Германии, Венгрии, Чехии, Словении, Хорватии, Финляндии, Белоруссии и Европейской части России);

– Дальневосточный подтип вируса (ВКЭ-FE) с прототипным штаммом «Софьин» (включает штаммы Дальнего Востока, Китая, Японии и также некоторые штаммы из Латвии, Украины и западной части России);

– Сибирский тип вируса (ВКЭ-Сиб) с прототипным штаммом «Айна».

Помимо трех основных подтипов ВКЭ, недавно были выделены еще два подтипа: байкальский (ВКЭ-Bkl) и гималайский подтипы (ВКЭ-Him). Наиболее агрессивными являются дальневосточные штаммы вируса, так как заболевание, вызываемое ими, протекает в более тяжелой форме.

Исходя из результатов, полученных с помощью различных методов, был сделан вывод, что те или иные варианты вируса циркулируют на разных, иногда весьма удаленных друг от друга территориях или имеют совместные места обитания. Так штаммы, относящиеся к дальневосточному антигенному варианту, встречаются также в Восточной и Западной Сибири, на Урале и в Калининградской области. Там же (в Восточной и Западной Сибири, на Урале) циркулирует сибирский вариант. В Центральном районе европейской России зарегистрированы штаммы, принадлежащие к сибирскому и западному типам [].

Зоны распространения природных очагов КЭ, за исключением некоторых районов, совпадают с ареалом обитания иксодовых клещей: таежного и лесного (рис. 2.3) [6]. Клещ таежный распространён в смешанно-лесных и таежных районах РФ к северу от верхнего и к востоку от среднего течения Волги [4]. Клещ лесной распространён в лесных массивах центральных, западных и юго-западных районов Европейской части России. На значительной территории к западу от реки Волга обитают оба вида клеща.

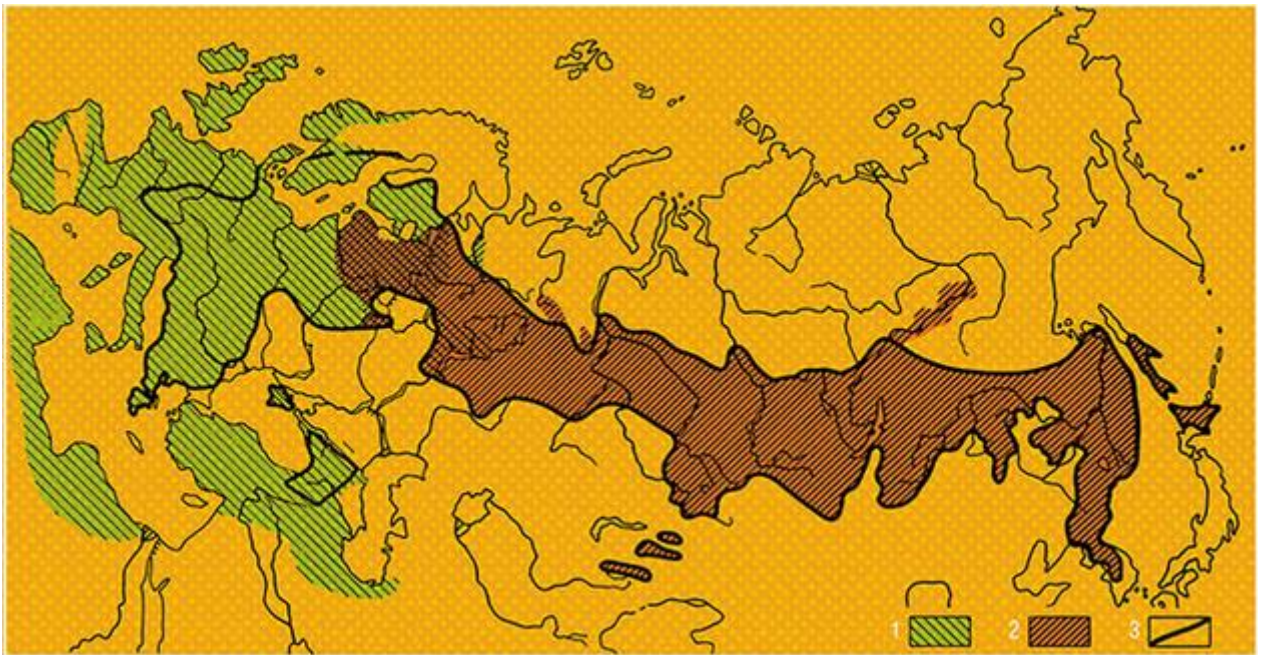


Рисунок 2.3 – Ареалы распространения:

1 – лесного клеща; 2 – таежного клеща; 3 – вируса клещевого энцефалита

В последние годы отмечается распространение клещевого энцефалита в регионы, где его раньше не встречали (рис. 2.4). Так, в Нидерландах в 2010 г. первоначально были выявлены антитела к ВКЭ в крови косуль и выделен вирус из клещей, а в 2016 г. диагностирован первый местный случай КЭ у человека. В настоящее время регистрируется широкое распространение ВКЭ на территории страны [17].

В Дании до недавнего времени ВКЭ был обнаружен только на одном из островов, в 2019 г. больные КЭ появились на севере страны (на границе с Норвегией). В этом же году ВКЭ был обнаружен в клещах на территории Великобритании.

Вирус клещевого энцефалита распространяется не только в направлении к северу от привычных ареалов их обитания, но к западу и к югу. Так, обнаружены антитела к ВКЭ в крови животных в Испании и в Турции. Франция сообщает о росте числа заболевших и распространении КЭ по территории страны.

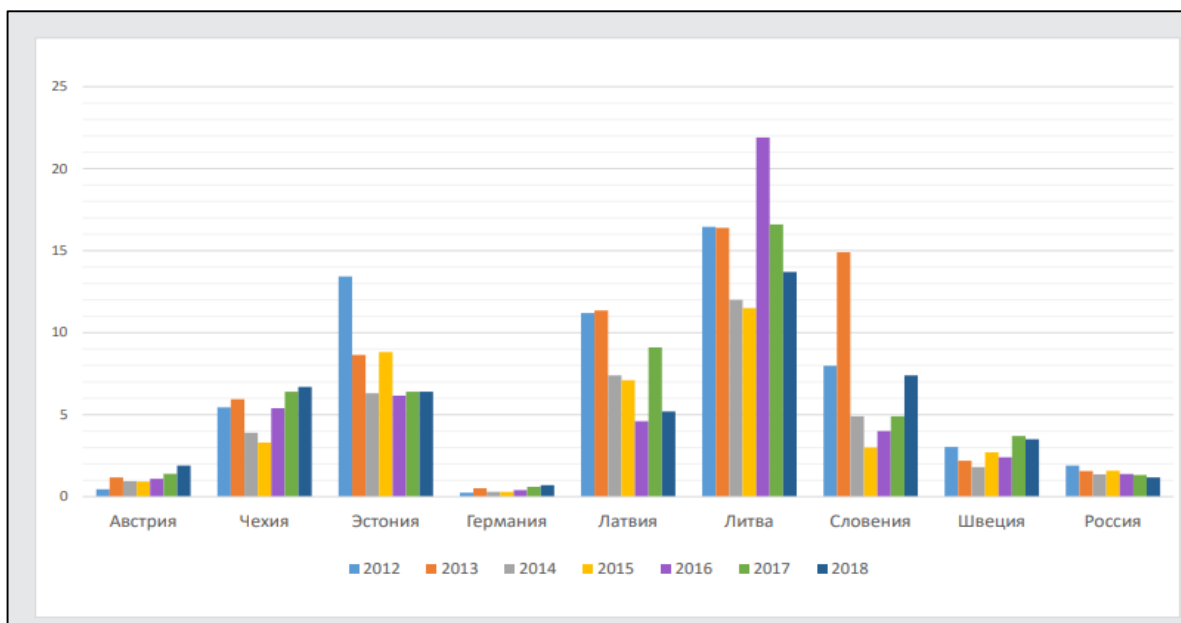


Рисунок 2.4 – Заболеваемость КЭ на 100 000 населения в России и Европе

До недавнего времени борьба с ВКЭ осуществлялась путем применения (распыления) дихлордифенилтрихлорэтана, более известного под аббревиатурой ДДТ – одного из самых экологически опасных инсектицидов, способных накапливаться, в том числе, в тканях печени, почек и мозга человека. В конце 70-х гг XX века использование ядохимикатов прекратилось. Клещи и ВКЭ отреагировали адекватно: их численность стала увеличиваться; соответственно росло число укушенных и заболевших людей (рис.2.5) [7].

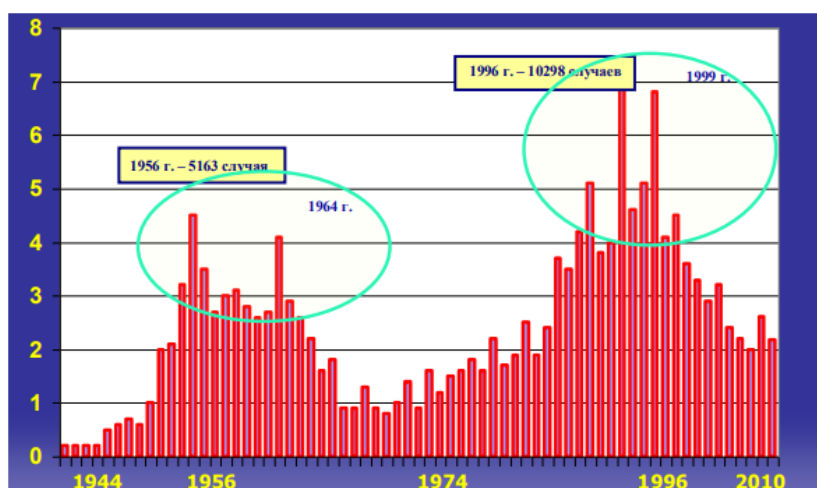


Рисунок 2.5 – Динамика заболеваемости КЭ в РФ [1]

Рост заболеваемости и распространение очагов КЭ связывают с изменениями климата.

Как было отмечено выше, распространение ВКЭ наблюдается не в каком-то одном направлении, а сразу во всех, за исключением, восточного направления, где он был первоначально обнаружен, а его распространение ограничено океаном. Анализ рис. 2.3 показывает, что ареал распространения ВКЭ пересекается с ареалами распространения таежного и лесного клещей и не выходит за границы их распространения. Таким образом, существуют районы, где распространены иксодовые клещи, но нет ВКЭ, но нет районов с распространением ВКЭ и отсутствием клещей.

Поэтому первоначально целесообразно выявить климатические условия, благоприятные для распространения иксодовых клещей, а затем определить дополнительные климатические условия, благоприятные для распространения ВКЭ.

2.2 Условия, благоприятные для распространения иксодовых клещей

Сохранение и увеличение численности живых организмов является результатом сложного их взаимодействия со средой обитания. Элементы среды обитания (физические, химические и биотические), воздействующие на организмы, называют экологическими факторами среды [8]. Их можно разделить на две большие группы: биотические (живой природы) и абиотические (неживой природы).

Сформулированы законы, описывающие воздействие экологических факторов на организмы. Наиболее важными из них являются законы оптимума и ограниченного фактора.

В соответствии с законом оптимума: для каждого вида есть оптимальные значения фактора среды, при которых организмы данного вида чувствует себя

наилучшим образом. При оптимальных значениях фактора организмы активно растут, питаются, размножаются.

Если фактор выходит за пределы оптимума (его или недостаточно, или слишком много), он начинает подавлять жизнедеятельность организма. Вблизи границ организмы чувствуют себя угнетенно, они могут жить, но не могут полноценно размножаться. При отклонении фактора от оптимума в обе стороны интенсивность жизненных процессов находится в зонах пессимума.

Значения фактора (минимальное и максимальное), при наступлении которых организм гибнет, называются критическими точками, а расстояние между ними – экологической валентностью по отношению к исследуемому фактору среды (пределы выносливости). Особи одного вида имеют сходные характеристики оптимумов, но все-таки немного различаются между собой.

В природе на организмы одновременно влияет целый комплекс факторов окружающей среды с различной интенсивностью. Множество экологических валентностей разных факторов формирует экологический спектр вида.

В соответствии с законом ограничивающего фактора: наиболее значим тот фактор, который более всего отклоняется от оптимальных для организма значений [8].

Рассмотрим влияние абиотических и биотических факторов на распространение иксодовых клещей.

Наибольшее влияние на жизненный цикл живых организмов, обитающих на суше, оказывают три абиотических фактора: вода, температура, свет.

Как было отмечено выше, к наиболее важным абиотическим факторам относятся вода, температура и свет. Последовательно рассмотрим влияние абиотических факторов на жизнедеятельность клещей.

Клещи влаголюбивы [4]. Для своего проживания предпочитают районы с умеренным или высоким количеством осадков и хорошей растительностью. На рис. 2.3, где показаны ареалы распространения клещей, можно заметить, что вдоль русел рек их ареалы наиболее распространены к северу. Однако, на

заболоченных территориях клещи не селятся. Песчаные почвы, на которых вода не задерживается, с растущими на них соснами также свободны от клещей.

В течении года, первоначально клещи начинают проявлять свою активность в начале или середине апреля, когда пригревает солнце и в лесу появляются первые проталины. Лес в этот период насыщен талой влагой, а высокие значения влажности в течении суток не претерпевают значительного суточного хода. С конца июня - начала июля численность активных клещей снижается. Второй пик активности клещей может проявляться в теплые месяцы осени, когда лес также насыщен влагой из-за дождей и высокие значения влажности сохраняются длительное время.

В течении суток клещи активны как в утреннее, так и в вечернее время, когда у земли наблюдаются высокие значения влажности. На ночь они не засыпают и также могут быть активны.

Клещи любят умеренно дождливую погоду. Активность клещей в дождливую погоду зависит от количества осадков. В время дождя клещи прячутся под листочки и травинки, в этот период они малоактивны.

Таким образом, для жизнедеятельности клещей благоприятна умеренная влажность (80 процентов).

Клещи любят теплую (не жаркую) погоду. Весной от зимней спячки клещи просыпаются в интервале температур от $+1$ $+3^{\circ}\text{C}$, но активными становятся при температурах около $+10^{\circ}\text{C}$. Оптимальным для развития клещей является интервал температур $+18$ $+20^{\circ}\text{C}$. С наступлением холодов (понижении температуры ниже 0°C) развитие клещей прекращается в любой фазе, наступает диапауза – период временного физиологического покоя в индивидуальном развитии организмов.

Если проанализировать ареал распространения иксодовых клещей (см. рис. 2.3), то можно сделать вывод, что он проходит по периферии зимнего центра действия атмосферы – Азиатского антициклона. Очевидно предположить, что экстремально низкие температуры (ниже -30°C) и длительный период холодного

времени года не способствует распространению ареала клещей в северном направлении.

Клещи не любят яркого солнечного света и предпочитают затененные районы леса. Открытые луга и молодые вырубки свободны от клещей. Как было сказано выше, клещи активны в утренние и вечерние часы, когда солнце расположено на небосводе не высоко.

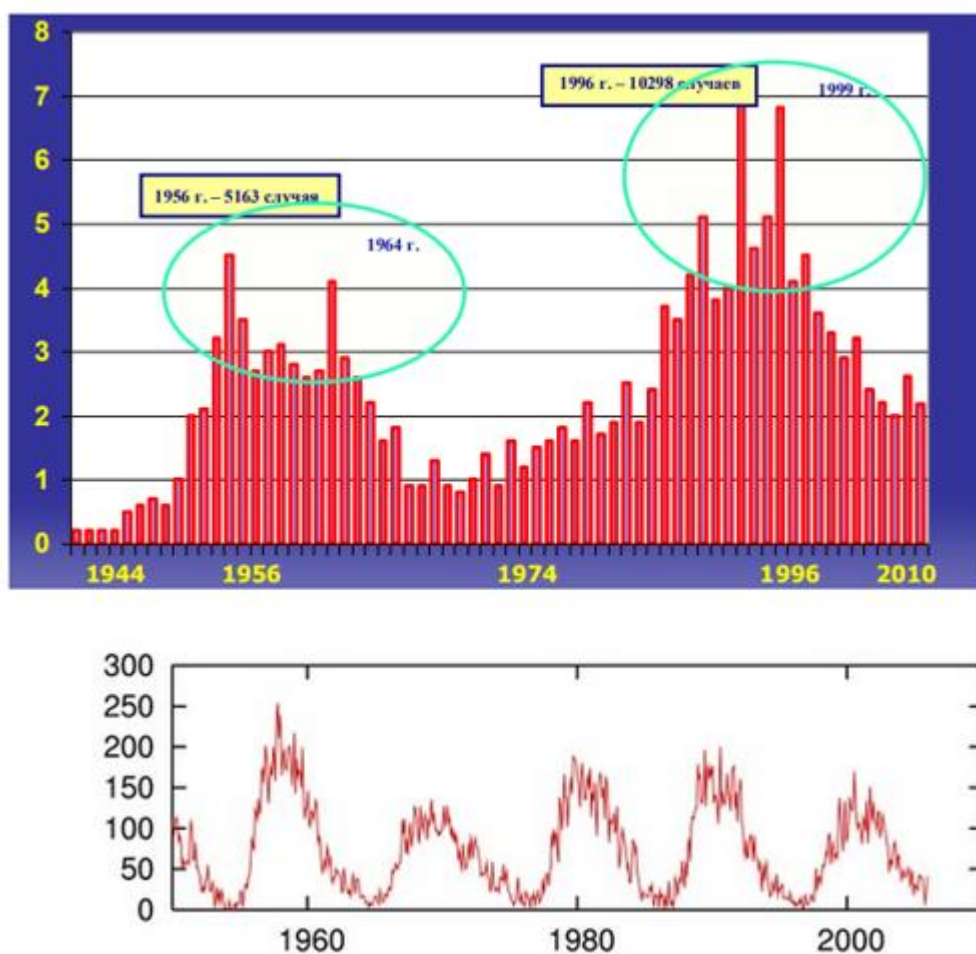


Рисунок 2.6 – Хронологические графики заболеваемости КЭ в РФ (вверху) и солнечной активности (внизу)

На рис. 2.6 представлены временные графики заболеваемости КЭ в РФ и солнечной активности (11-летние циклы Швабе). Исходя из того факта, что иксодовые клещи не любят солнечного света, возможно предположить, что на

них угнетающим образом действует солнечная радиация. Минимум солнечной активности середины 50-х гг приходится на рост заболеваемости КЭ, который начался в период активного Солнца конца 40-х гг. В следующий период активного Солнца второй половины 50-х гг. наблюдаются максимальные значения заболеваемости КЭ. Спад заболеваемости КЭ 60-70 гг обусловлен применением против клещей ДДТ. В следующий период активного Солнца конца 60-х – начала 70-х гг наблюдается слабый рост заболевания КЭ, который несколько замедляется в период спокойного Солнца и вновь начинает расти в период активного Солнца конца 80-х – начала 90-х гг. Далее максимальные значения заболеваемости КЭ наблюдаются в период спокойного Солнца, а в период активного Солнца конца 90-х начала нулевых годов продолжается спад заболеваемости. Таким образом, в периоды как активного, так и спокойного Солнца наблюдались как рост, так и падения заболеваемости, из чего можно сделать вывод, что явная взаимозависимость между Солнечной активностью и заболеваемостью КЭ не выявлена.

Рассмотрим влияние биотических факторов на распространение иксодовых клещей.

Биотические факторы подразделяются на фитогенные (обусловленные влиянием растительных организмов), зоогенные (обусловленные влиянием животных) и антропогенные (обусловленные влиянием человека).

Влияние зоогенного фактора подробно рассмотрено в п. 1.2, посвященному рассмотрению жизненного цикла иксодовых клещей. Для комфортного существования и размножения паразитов, к которым относятся иксодовые клещи, необходимы хозяева-прокормители, в роли которых выступают мелкие мышевидные грызуны, земноводные, птицы, более крупные дикие и домашние животные. Как следует из анализа, спектр прокормителей иксодовых клещей весьма обширен, поэтому в большинстве случаев клещи без труда их находят. Иксодовые клещи по связи со своими прокормителями

являются треххозяинными, и в процессе своего развития трижды меняют прокормителя.

Фитогенный фактор определяет условия, обеспечивающие благоприятные абиотические условия (высокую влажность, комфортную температуру и умеренный солнечный свет), успешную охоту (встречу клещей с прокормителями – наличие различных травянок, кустарников, сучков), а также комфортный метаморфоз клещей, для которого необходима лесная подстилка, в которую клещи откладывают яйца или прячутся для очередной линьки.

Вышеперечисленные условия удовлетворяются в умеренно затененных и увлажненных лиственных и смешанных лесах с густым травостоем и подлеском, по дну логов и лесных оврагов, на опушках леса, в зарослях ивняков по берегам лесных речушек, озер и прудов [4]. Как отмечалось выше, заболоченные территории, песчаные почвы с растущими на них соснами, либо покрытые мхом (рис. 2.7), открытые луга и молодые вырубki свободны от клещей.



Рисунок 2.7 – Типичный ландшафт во Всеволожском районе Ленинградской области, не благоприятный для жизнедеятельности иксодовых клещей

По условиям возникновения, выделяют природные и антропогенные очаги клещевого энцефалита. Природным (или естественным) очагом является территория, на которой эволюционно сложились межвидовые соотношения между возбудителями болезни, дикими животными и членистоногими переносчиками (клещами). Антропогенным очагом клещевого энцефалита является очаг, возникший в результате хозяйственной деятельности человека на эндемичной по клещевому энцефалиту территории.

Хозяйственная деятельность человека приводит к вырубке лесов, созданию новых водных объектов, парков и т.д., которые коренным образом изменяют ландшафт местности и может быть благоприятным для создания ареала клещей. Так, например, на месте вырубленного соснового леса, вырастает в первую очередь лиственный лес (хвойный лес растет медленнее), который, как следует, из предыдущего изложения благоприятен для жизнедеятельности клещей.

2.3 Устойчивость вируса клещевого энцефалита к внешней среде

В литературе [1, 4] про резистентность (устойчивость) вируса клещевого энцефалита к различным факторам внешней среды выделяют следующее:

- длительное время сохраняется при низких температурах (оптимальный режим минус 60 °С и ниже), хорошо переносит лиофилизацию (сушка влагосодержащих материалов, продуктов, культур микроорганизмов при низкой температуре),

- в окружающей среде сохраняет жизнеспособность при температуре 18-20°С до 10 дней, при 56°С инактивируется в течение 30 минут; кипячение убивает вирус в течение 2-3 минут;

- в организме переносчиков вирус сохраняет жизнеспособность даже в более широком диапазоне температур, поскольку температура хозяев может достигать 40°С;

- в сухом состоянии может сохраняться много лет;
- чувствителен к эфиру и спиртам, формалину, фенолу и др. дезинфицирующие вещества, а также, к ультрафиолетовому излучению;
- однако сравнительно устойчив к кислым значениям рН (желудочно-кишечный тракт).

Таблица 2.1 – Нормальные температуры тела хозяев-прокормителей клещей.

<i>Вид животного</i>	<i>Температура</i>
<i>Крупный рогатый скот</i>	<i>37,5 – 39,5</i>
<i>Свинья</i>	<i>38,5-40,0</i>
<i>Собака</i>	<i>37,5- 39,0</i>
<i>Кролик</i>	<i>38,5-39,5</i>
<i>Куры</i>	<i>40,5-42,0</i>

Таким образом, ВКЭ сохраняется в широком диапазоне температур, при отрицательных температурах впадает в состояние анабиоза, при высоких положительных температурах – погибает. Кроме того, вирус может сохраняться длительное время в сухом состоянии.

3. Влияние климатических изменений на распространение клещевого энцефалита

Одним из эндемичных районов по клещевому энцефалиту является лесопарковая зона Новосибирского научного центра (академгородка), в которой на протяжении более 40 лет проводится мониторинг природного эпидемиологического очага [7]. Целесообразно более подробно проанализировать климатические условия данного района с целью выявления наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности ВКЭ.

3.1 Климатические условия природного эндемичного района Новосибирска

Первоначально рассмотрим климатические характеристики и тренд количества осадков для Новосибирска.

Таблица 3.1 – Режим количества осадков в г. Новосибирск [9]

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
Январь	24,6	3(2011)	46 (1999)	11(1983)
Февраль	17,9	0,6 (2112)	41 (1972)	10(2004)
Март	19,5	0,4 (1989)	42(2004)	20 (1982)
Апрель	23,7	6(2012)	57(1985)	30(2010)
Май	36,7	2(1999)	82(2018)	38(1986)
Июнь	54,8	11(1963)	140(1996)	35(1978)
Июль	68,1	4(2012)	153 (1976)	55(1976)
Август	57,7	5(2003)	165(2013)	95 (1982)
Сентябрь	45,5	3(1971)	99(1996)	47 (1996)
Октябрь	42,7	14 (1980)	84(1982)	21(1997)
Ноябрь	38,6	9(1967)	70 (2010)	23(2015)
Декабря	35,5	5(1967)	64(2000)	14(1987)
Год	38.775	292(1958)	673(2000)	95(1982)

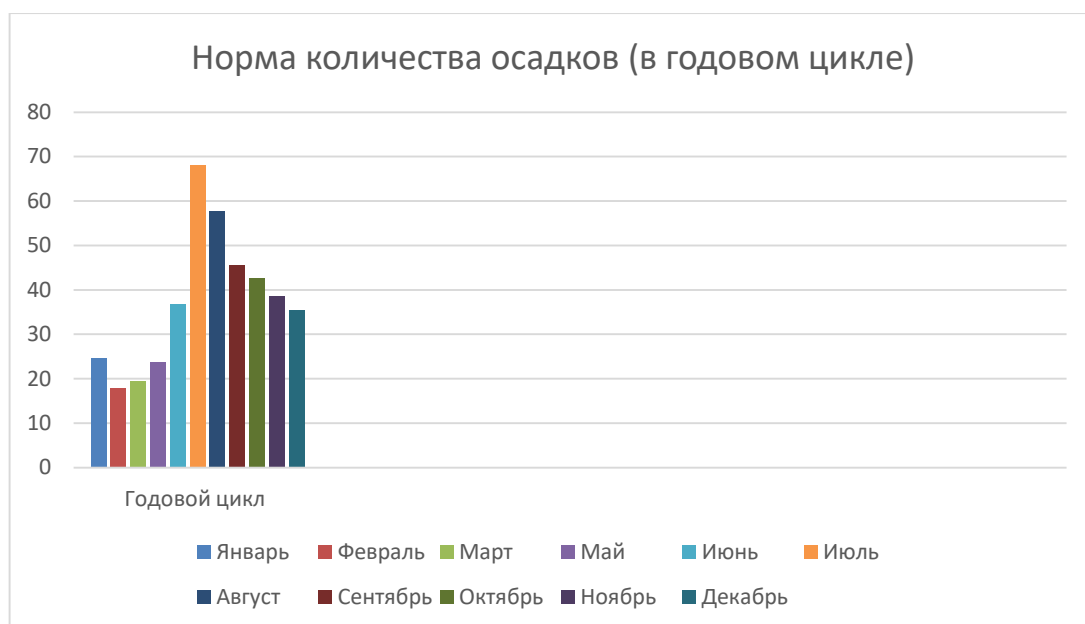


Рисунок 3.1 – Норма количества осадков в Новосибирске

Анализ рис. 3.1 показывает, что в Новосибирске наблюдаются максимальные среднемесячные значения количества осадков в летние месяцы. В период максимальной активности клещей (вторая половина апреля-начало июня) наблюдаются не высокие для данной местности значения количества осадков. На юге Ленинградской области, отдельные районы которого являются эндемичными количество осадков в летние месяцы составляет 69,0, 83,7 и 86,5 мм соответственно).

Согласно [10], среднее количество осадков в Новосибирске (по данным за 1966-2013 гг.) увеличилось по сравнению с [11] с 425 мм до 440 мм (на 15 мм).

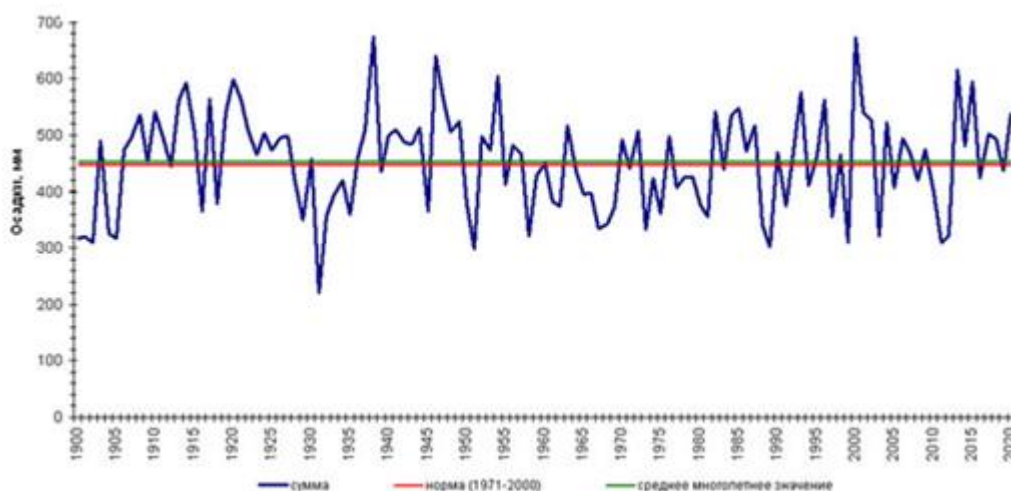


Рисунок 3.2 – Хронологический годовой ход количества осадков в Новосибирске

Анализ рис. 3.2, на которой представлен хронологический годовой ход количества осадков в Новосибирске [12], показывает слабо выраженную тенденцию к росту ежегодного количества осадков, что говорит о благоприятности данных условий увлажнения для жизнедеятельности иксодовых клещей.

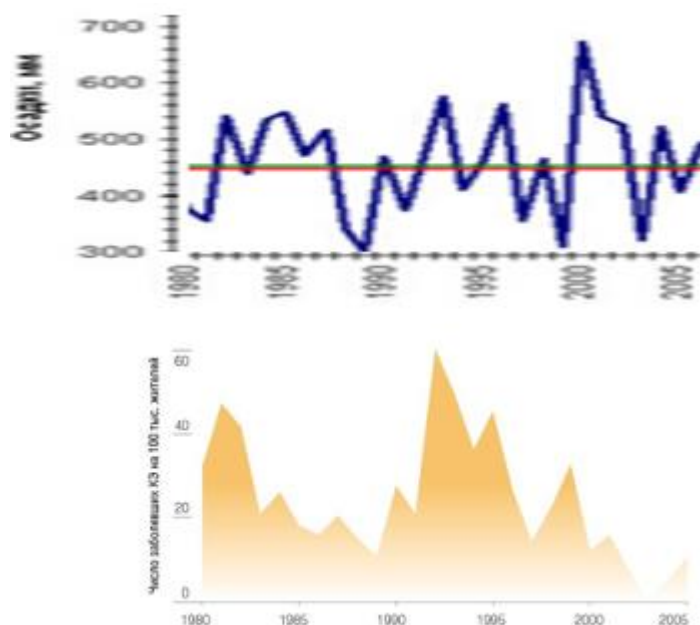


Рисунок 3.3 – Хронологический ход за период 1980-2005 гг годового количества осадков в Новосибирске (вверху) и заболеваемостью КЭ (внизу)

На основе анализа рис. 3.3, на котором совместно представлен хронологический годовой ход за период 1980-2005 гг количества осадков в Новосибирске [12] и заболеваемостью КЭ в Советском районе г. Новосибирска [7], можно сделать вывод о наличии некоторой корреляционной связи между этими двумя величинами. Рост количества осадков, как правило, приводит к росту числа заболевших. Следует учитывать также проведение противоэпидемических мероприятий, которые следуют в годы следующие за всплеском заболевания.

К сожалению, отсутствие численных значений в открытых источниках о ежегодном и ежемесячном по годам количестве осадков, а также о количестве заболевших не позволяют получить корректные численные значения коэффициента корреляции по формуле [13]:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i – ежегодное количество осадков; \bar{x} – среднее многолетнее количество осадков; y_i – ежегодная характеристика распространения иксодовых клещей или КЭ; \bar{y} – средняя многолетняя характеристика распространения иксодовых клещей или КЭ.

Рассмотрим климатические характеристики и тренд температуры для Новосибирска.

Таблица 3.2 – Температурный режим в г. Новосибирск [9]

Месяц	Абсолютный минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолютный максимум
Январь	- 46,2 (1969)	- 21,2	- 17, 0	12,6	4,1 (2007)
Февраль	- 46,3(1969)	- 19,1	- 14,4	- 9,2	5,1 (1962)
Март	- 36,4 (1999)	- 11,9	- 6,8	-1,3	14,4 (2009)
Апрель	-29, 0(1964)	-1,4	3,6	9,6	30,7(1972)
Май	-8,6(1960)	5,7	11,9	18,9	36,1 (2004)
Июнь	-2 (2013)	11,7	17,6	23,8	36,6 (1967)
Июль	3,9 (1971)	11,7	17,6	23,8	36,6 (1967)
Август	12(1976)	11,7	17,6	23,8	36,6 (1967)
Сентябрь	45,5	11,7	17,6	23,8	36,6 (1967)
Октябрь	42,7	11,7	17,6	23,8	36,6 (1967)
Ноябрь	- 46,2 (1969)	- 21,2	- 17, 0	12,6	4,1 (2007)
Декабрь	- 46,3(1969)	- 19,1	- 14,4	- 9,2	5,1 (1962)
Год	- 36,4 (1999)	- 11,9	- 6,8	-1,3	14,4 (2009)

Анализ рис. 3.4 показывает, что в Новосибирске наблюдаются оптимальные (18-20°C) для жизнедеятельности клещей среднемесячные значения температуры только в период летних месяцев. Значения температуры, при которых клещи активны наблюдаются с мая по сентябрь (пять месяцев).

Средняя годовая температура по данным [10] повышалась в среднем в линейном приближении на 0,17°C за 10 лет, и, следовательно, за период с начала инструментальных измерений по 2013 г. суммарный рост составил порядка 2°C (рис. 3.5, [12]). В течение года наибольший вклад в положительную тенденцию средней годовой температуры воздуха вносят месяцы переходных сезонов, в особенности, март.

Анализ рис. 3.6, на котором совместно представлен хронологический ход за период 1980-2005 гг среднемесячной температуры воздуха в июле в Новосибирске [12] и заболеваемостью КЭ в Советском районе г. Новосибирска [7], можно сделать вывод об отсутствии корреляционной связи между этими двумя величинами. Такой же вывод можно сделать, если сравнивать с количеством заболевших ход среднегодовой температуры воздуха.

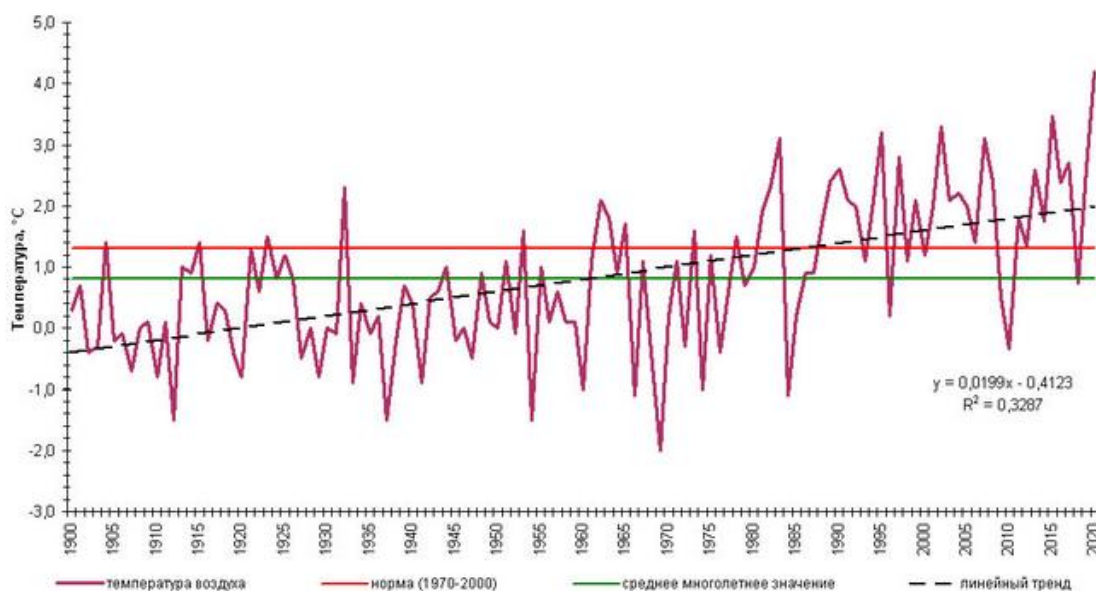


Рисунок 3.5 – Хронологический ход температуры воздуха в Новосибирске

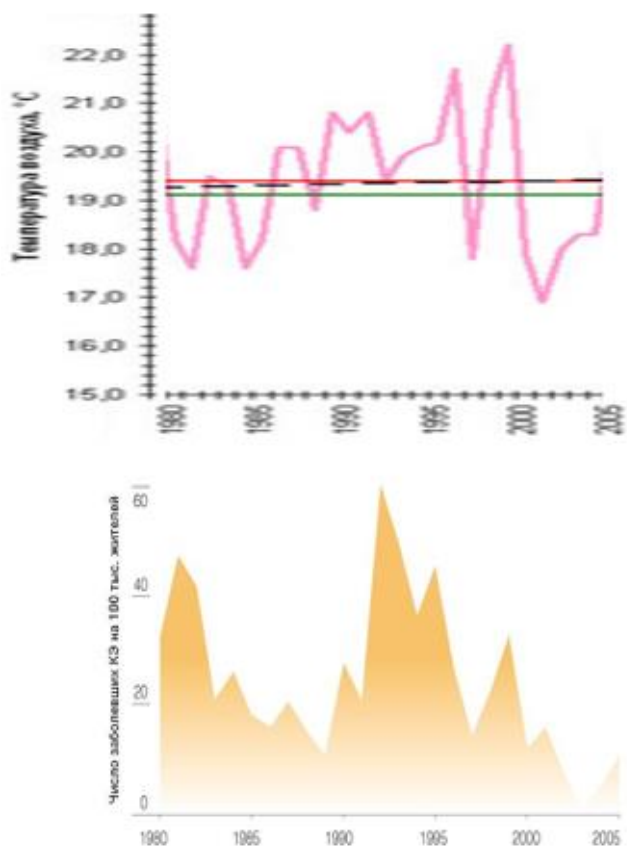


Рисунок 3.6 – Хронологический ход за период 1980-2005 гг среднемесячной температуры июля в Новосибирске (вверху) и заболеваемостью КЭ (внизу)

Таким образом, выполненный в п. 3.1 анализ позволил сделать вывод о существенном влиянии количества осадков на распространение КЭ. Увеличению количества осадков благоприятно для распространения КЭ.

3.2 Влияние современных изменений климата на распространение клещевого энцефалита

В качестве исходных данных для анализа использовался «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год» [14].

Выполненный ранее анализ позволил сделать вывод, что для комфортной жизнедеятельности иксодовых клещей – основных распространителей ВКЭ –

благоприятны температурный интервал 10-20°C и умеренное количество осадков.

Необходимым условием продолжения жизнедеятельности клеща на любой стадии развития является питание. Прокормители, в качестве которых на ранних стадиях развития иксодовых клещей выступают мелкие животные, птицы и земноводные, как правило, распространены повсюду. Для взрослых особей в роли прокормителей к вышеперечисленному добавляются средние и крупные животные.

После питания клещи прячутся во влажную подстилку для линьки. В районах, где подстилающей поверхностью является песок, который не задерживает в себе влагу, клещи не распространяются.

Повышение температуры выше 25-30°C приводит иксодовых клещей в зону угнетения. В организме прокормителя ВКЭ инактивируется при температурах выше 40°C. Низкие температуры иксодовые клещи и ВКЭ переносят лучше. Понижение температуры затормаживает их жизненные процессы. При отрицательных температурах у иксодовых клещей наступает диапауза. Вирус КЭ способен переносить низкие температуры до – 160°C.

По данным [14], за начало современного потепления климата принят 1976 г. Потепление наблюдается на всей территории России во все сезоны. Линейный тренд осредненной по России среднегодовой температуры составляет +0.51°C/10 лет. При этом наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур (0.66°C/10 лет). Данное обстоятельство может быть причиной того, что период активности клещей может наступать раньше.

Летом тренд составляет 0.39°C/10 лет (64% суммарной дисперсии). Максимум летнего потепления отмечается на юге Европейской части России: (0.72°C /10 лет для Южного Федерального округа). Минимум потепления в среднем за год отмечен на юге Сибири, где зимой пока наблюдается область убывания температуры с на существенно меньшей территории и значительно более слабого, чем за период 1976-2014 гг.

Потепление зим за период 1994-2010 гг. наблюдалось в основном в арктической зоне России. На остальной территории РФ зимние температуры убывали, слабо на ЕЧР (до $-0.2^{\circ}\text{C}/10$ лет) и значительно в АЧР (до $-2^{\circ}\text{C}/10$ лет на юге Сибири). Тенденция похолодания прекратилась после 2010 г. Летом и осенью рост температуры на юге Сибири (осенью также в центре) очень слаб.

На территории России преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков – тренд составляет 2.2% нормы /10 лет [14]. Тенденция к росту годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Наиболее значительные тренды наблюдаются в Средней и Восточной Сибири, в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Уменьшение ежегодного количества осадков наблюдается в районе Обской Губы и на востоке арктического побережья АЧР, незначительное убывание наблюдается в Центральном, Поволжском и Южном Федеральных округах.

Рост осадков наблюдается во все сезоны годы.

Наиболее значительный рост сезонных сумм осадков в целом по территории России наблюдается весной (5.8% нормы) – увеличение осадков происходит практически везде, особенно в АЧР. Значимый тренд отмечается в Уральском, Сибирском и Дальневосточном ФО.

Летом и осенью рост осадков наблюдается также, в основном, в АЧР (наиболее значительный осенью – на севере ДФО). Летом осадки убывают в центральных и южных регионах ЕЧР, особенно, в ЮФО, а также на арктическом побережье АЧР. Осенние осадки незначительно убывают в центральных районах ЕЧР и Западной Сибири и более значительно на севере Западной Сибири.

Зимой наиболее заметный рост осадков происходит в основном на севере и юге ЕЧР, севере и востоке Средней Сибири, Прибайкалье и Забайкалье, Приморском крае. Зимой осадки уменьшаются на северо-востоке страны и в центральных районах Сибири.

Следует отметить, что районы обильного выпадения осадков связаны с положением атмосферных фронтов, которые разделяют различные воздушные

массы. Поэтому потеплением климата приведет, в свою очередь, и к смещению на север зон выпадения обильных осадков.

За последние десятилетия ареал иксодовых клещей расширился. Клещи распространились в других регионах мира: в Китай, США, Канаду, страны Южной Америки и Юго-Восточной Азии.

Объяснить данный факт только потеплением климата не получается. Очевидно предположить, что из-за потепления климата оптимальные условия для проживания клещей должны смещаться на север. Именно, смещаться, а не только распространяться. Из-за потепления климата на юге лес будет постепенно отступать (погибать).

Кроме того, чтобы клещи могли успешно размножаться, вместе с повышением температуры на север должны распространяться лиственные и смешанные леса. Хвойный лес просто так свою территорию не уступит. С течением времени, наоборот лиственный лес сменяется хвойным [15]. Поэтому, следует предположить, что с потеплением климата хвойный леса должны погибать, а на их месте – произрастать лиственные леса. Данный процесс не быстрый. Существенно быстрее из-за хозяйственной деятельности человека на месте срубленного леса произрастает лиственный, но на рост лиственного леса в данных условиях также требуются десятилетия.

В Швеции и Норвегии за период 1994–2008 гг. граница распространения клещей подвинулась более чем на 200 км к северу. На североамериканском континенте клещи стали встречаться почти на 1000 км севернее по сравнению с периодом 1943–1983 гг [6].

Столь быстрое распространение клещей нельзя объяснить только потеплением климата. Как было показано выше, вместе с температурой на север будет смещаться и зона обильных осадков, обусловленная смещением климатологических атмосферных фронтов. Повышение температуры и смещение зоны осадков на север создает условия для

распространения лиственных лесов на север. Однако скорость гибели хвойного леса и произрастания лиственного леса занимает десятилетия.

Выше было показано, что скорость распространения иксодовых клещей на север существенно выше, чем скорость распространения в этом направлении лиственного леса. Кроме того, ареалы иксодовых клещей распространяются не только в северном направлении, но и в западном, и в южном.

Поэтому, объяснить динамику распространения ареалов иксодовых клещей и вируса КЭ чисто изменением климата нельзя. По всей видимости, данная динамика определяется приспособляемостью иксодовых клещей к более широкому спектру климатических условий.

Заключение

В настоящей работе выполнен анализ влияния изменения климата на распространение клещевого энцефалита.

На основе анализа механизмов распространения вируса клещевого энцефалита сделан вывод, что в природе вирус поддерживается постоянной циркуляцией по замкнутой цепи: клещи – животные-прокормители – клещи. Основными переносчиками и резервуарами вируса клещевого энцефалита являются иксодовые клещи. Человек является тупиковой ветвью передачи ВКЭ, так как не обеспечивает обратную передачу возбудителя клещу.

Анализ жизненного цикла иксодовых клещей показал: в процессе своего развития клещ последовательно проходит ряд жизненных стадий. Чтобы перейти в следующую стадию, клещ должен напитаться кровью (прокормиться), после чего он прячется в лесную подстилку и линяет. Для прокормления (успешной охоты) благоприятными условиями являются высокая влажность, температурный интервал 10-20°C и умеренный солнечный свет. Для комфортного метаморфоза клещей необходима увлажненная лесная подстилка. Такие условия удовлетворяются в умеренно затененных и увлажненных лиственных и смешанных лесах.

Анализ климатических условий в устойчиво эндемичном районе (г. Новосибирске) позволил сделать вывод, что наиболее важным климатическим фактором для жизнедеятельности иксодовых клещей является наличие умеренного количества осадков.

Выполненный в работе анализ позволил сделать вывод, что из-за современных изменений климата ареалы распространения иксодовых клещей и ВКЭ будут смещаться в сторону распространения лиственных и смешанных лесов. Однако, современную динамику распространения иксодовых клещей и ВКЭ объяснить только изменением климата нельзя, в значительной мере она может быть объяснена изменениями популяции вируса.

Список использованной литературы

1. Литусов, Н.В. Вирус клещевого энцефалита [Текст]: иллюстрир. уч. пос. – Екатеринбург: УГМУ, 2017. – 23 с.
2. Аммосов, А.Д. Клещевой энцефалит / А. Д. Аммосов [Текст]: Кольцово: Вектор-Бест, 2006. – 115 с.
3. Гаврилов, А.В. Клещевой энцефалит: уч. пособие / А.В. Гаврилов, Н.А. Марунич, Р.С. Матеишен [Текст]: Благовещенск, Изд. ФГБОУ ВО АГМА, 2018. – 36 с.
4. Диагностика, лечение и профилактика клещевого энцефалита и иксодового клещевого боррелиоза у военнослужащих МО РФ: Методические указания [Текст]: утв. Главным военным медицинским управлением МО РФ 23.11.18. – М.: 2018. – 62 с.
5. Клещевой энцефалит [Текст]: М.: ФГУП «НПО «Микроген» МЗ РФ. – 20 с.
6. Ткачев С.Е., Власов В.В. Клещевой энцефалит: характер нордический, к людям беспощаден [Текст]: Наука из первых рук, №4 (89), 2020. – С. 36-49.
7. Мошкин М. П., Бахвалова В. Н., Новиков Е. А. Кому нужен прогноз по клещевому энцефалиту [Текст]: Наука из первых рук, №5 (11), 2007. – С. 33-47.
8. Клемин, В.В. Обеспечение экологической безопасности при повседневной деятельности... [Текст]: Уч. пос. / В.В. Клемин, Г.П. Луценко, В.А. Ременсон. – М.: МО РФ, 1999. – 304 с.: ил.
9. Сайт «Погода и климат» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29638.htm>
10. Лучицкая, И.О. Климат Новосибирска и его изменения / И.О. Лучицкая, Н.И. Белая, С.А. Арбузов [Текст]: Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014. – 224 с.
11. Климат Новосибирска / под ред. С.Д. Кошинского, К.Ш. Хайруллина, Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 223 с.

12. Сайт «ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС. Официальные данные наблюдений» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.meteo-nso.ru/pages/50>
13. Казакевич, Д.И. Основы теории случайных функций в задачах гидрометеорологии: уч. пособие – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 232 с.
14. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год [Текст]: М.: 2021. – 104 с.
15. Исаев, А.С. Сукцессии в лесных ценозах: модель фазового перехода второго рода / А.С. Исаев, В.Г. Суховольский, А.И. Бузыкин, Т.М. Овчинникова [Текст]: Журнал общей биологии, Т. 70, № 6, 2009. – С. 451-458.
16. Günther G, Lindquist L. Surveillance of tick-borne encephalitis in Europe and case definition Eurosurveillance. 2005;10(1) [Электронный ресурс] // URL: (<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=510>).
17. Heinz F et al. Vaccination and tick-borne encephalitis, central Europe. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control; 2013 (<http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/19/1/pdfs/12-0458.pdf>).
18. Süss J. Tick-borne encephalitis 2010: epidemiology, risk areas, and virus strains in Europe and Asia - an overview. Ticks and Tick Borne Diseases. 2011;(1):2-15.