

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

УДК 619:616.995.132

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-65

ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ SG-МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ДИРОФИЛЯРИЙ В КРОВОСОСУЩИХ КОМАРАХ

Бурлак В.А.

*Лаборатория эволюционной геномики насекомых,
Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
flywings@mail.ru*

Аннотация. Для населения города Томска разработана модель развития личинок дирофилярий у кровососущих комаров. Определены основные параметры модели на период 2009–2019 гг.

Ключевые слова: Дирофилярии, кровососущие комары, температурная модель, гельминто-гостальные отношения.

PREDICTIVE POSSIBILITIES OF THE SG-MODEL FOR ASSESSING THE DEVELOPMENT OF DIROFILARIA IN BLOOD-SUCKING MOSQUITOES

Burlak V.A.

*Insect Evolutionary Genomics Laboratory, Federal Research Center Institute
of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia
flywings@mail.ru*

Abstract. A model for the development of dirofilaria larvae in blood-sucking mosquitoes was developed for the city population in Tomsk. The main parameters of the model for the period 2009–2019 were determined.

Keywords: Dirofilariae, blood-sucking mosquitoes, temperature model, helminth-host relationship.

Дирофиляриоз – трансмиссивный биогельминтоз, сравнительно недавно проявившийся в Томской области [1]. Промежуточный хозяин личинок дирофилярий (микрофилярий) – кровососущие комары (Diptera; Culicidae), способствующие расселению паразита и его адаптации к условиям локального местообитания. В Томской области из комаров идентифицированы два вида дирофилярий (*Dirofilaria repens* и

D. immitis). Зараженные самки кулицид обнаружены в трех районах (Томском, Тегульдетском, Колпашевском). Микрофилярии связаны минимум с 12 видами комаров, три из которых – малярийные. Целью данной работы было изучение основных параметров СГ-модели (субгенерационной) за период 2009–2019 гг. для понимания тонкостей взаимоотношений и адаптивных процессов в системе «кровеносные сосисы – дирофилярии», а также прогноза рисков заражения человека.

Для вызревания инфективной (готовой к заражению дефинитивного хозяина) стадии микрофилярий L-3 необходима сумма эффективных температур в 130 единиц развития дирофилярий (ЕРД), на чем строится ЕРД-модель [2], оценивающая, главным образом, продолжительность сезона эффективного заражения (СЭЗ), сезона вероятной передачи инвазии (СВП) и возможное количество оборотов инвазии за эпидемически активный сезон. СГ-модель ориентирована на выявление структурных особенностей сезона, что особенно актуально в регионах, сравнительно недавно заселенных дирофиляриями (зонах умеренного и низкого риска заражения: классификация приводится по [3]). СГ-модель строится на трех ключевых параметрах (количестве субгенераций за сезон, продолжительности их развития и числе дней созревания), а также нескольких дополнительных, часть из которых представлена индексами.

Субгенерации. За субгенерацию паразита принимается инвазирование комаров в течение суток в период СЭЗ. Основные компоненты формирования субгенераций – численность и видовой состав кулицид, экстенсивность инвазии (ЭИ) популяций дефинитивных хозяев. Видовой состав комаров исследуется в связи с особенностями пищевых предпочтений, ландшафтно-зонального и биотопического распределения, сезонной и многолетней сукцессии видов. Количественная оценка этого этапа сложна, поскольку учитывает взаимодействие популяций промежуточных и дефинитивных хозяев в пространстве местообитания и времени, а также интенсивность микрофиляриемии в крови дефинитивных хозяев. Значимый вклад в формирование субгенераций привносят микроклиматические условия (осадки, ветер, влажность, температура), способные существенно корректировать количество инвазированных за сутки самок комаров.

Дни созревания. Данный параметр связан с вызреванием инвазии в промежуточном хозяине. Он структурирует СВП, что определяет его высокую значимость. За 2009–2019 гг. в г. Томске соотношение числа дней созревания к продолжительности СВП варьировало от 35,5% (2009 г.) до 68,0% (2019 г.). Выделяется три типа участков вызревания: «загущенные» (представляющие повышенный риск заражения), «разреженные» (умеренный риск заражения) и «молчащие» (отсутствие

риска заражения). Передача инвазии, как правило, происходит в течение 1–2 дней после созревания паразита, что сопряжено с завершением гонотрофического цикла самок комаров. Из-за неравномерного распределения эффективных температур, в один день может вызреть несколько субгенераций (в г. Томске – до 8). Коэффициент концентрации субгенераций варьировал в зависимости от количества эффективных температур и характера их распределения (от 1,18 в 2011 г. до 2,58 в 2010 г.). Среднемноголетний показатель имел клинальную выраженность, увеличиваясь с юга на север (от 1,52 в г. Бийск и 1,57 в г. Томск, до 1,77 в г. Колпашево и 2,17 в г. Ханты-Мансийск). Дифференцированное число дней созревания по сезонам многолетнего периода формирует волны риска заражения. Количество дней созревания свыше 40 за сезон рассматривается как индикатор появления угрозы заражения для человека. Уменьшить этот показатель способно количество жизненных циклов, пройденных паразитом в данной местности, и насыщение нематодой ниши основных дефинитивных хозяев (собак и кошек).

Для успешного развития на осваиваемых территориях микрофиляриям необходимо адаптироваться к температурному фактору (оптимизировать эффективность ферментных комплексов [4]) и выработать устойчивость к иммунной системе местных видов кулицид. Количество инфективных самок — один из основных показателей прогноза формирующейся угрозы заражения. Поскольку противодействие комаров не прекращается в течение всего периода развития микрофилярий, ЭИ инфективных самок комаров в определенный день составит ЭИО ($1 - Mx$) ($Ea + Pf$), где ЭИО – экстенсивность инвазии комаров в день заражения, Mx – смертность самок кровососущих комаров в ходе развития инвазии, Ea – способность комаров к элиминации паразита, Pf – вклад протективного фактора (паразитов и симбионтов) в процесс элиминации паразита. Данный параметр отражает инвазионную опасность локального местообитания в исследуемый период. Снижение интенсивности инвазии показывает силу противодействия промежуточного хозяина паразиту в гельминто-гостальной системе. Изменение спектра инвазированных видов комаров выявляет наиболее значимые виды-переносчики дирофилярий. Пути передачи инвазии при этом определяются коэффициентом рассеяния инвазии (выбором объекта нападения инфективными самками комаров) – ключевого момента прогноза риска заражения человека и дефинитивных хозяев в целом.

Продолжительность развития (фенотип субгенераций).
Проявление фенотипов субгенераций связано с распределением

эффективных температур, формируя уникальный профиль сезона, а также местообитания в целом. Кроме того, данный параметр коррелирует с агрессивностью вызревающей инвазии. В г. Томске (2009–2019 гг.) развитие субгенераций продолжалось от 14 до 62 суток и имело отчетливую двухпиковую структуру. На долю первой волны (14–24 суток, n=11, пик – 22-е сутки) пришлось 39,0%, второй волны (25–32 суток, n=8, пик – 28-е сутки) – 32,4% от общего числа субгенераций. Анализ по сезонам показал, что в 2012, 2014, 2016, 2018 гг. большая часть субгенераций пришлась на фенотипы первой волны (60% и более). В 2015, 2017, 2019 преобладала доля фенотипов второй волны (49–72%).

Заключение. Полученные данные раскрывают механизмы дифференциации риска заражения промежуточных и дефинитивных хозяев (в том числе – человека) в разные сезоны, а также в ходе одного сезона. Параметры модели выявляют детали гельминто-гостальных отношений, а также адаптивные процессы, протекающие в популяциях паразита на осваиваемых территориях. Результаты позволяют прогнозировать риски заражения и выработать наиболее эффективные стратегии борьбы с переносчиком инвазии.

Работа поддержана грантом РФФ №19-14-00130.

Литература

1. Полторацкая Н.В., Бурлак В.А., Панкина Т.М., Полторацкая Т.Н., Шихин А.В. О зараженности кровососущих комаров (Diptera; Culicidae) личинками дирофилярий (Spirotrida, Onchocercidae) в г. Томске // Мед. паразитол. 2018. № 3. С. 10–15.
2. Криворотова Е.Ю., Нагорный С.А. Область применения температурных ЕРД-моделей дирофиляриоза // Российский паразитологический журнал. 2016. Т. 38, вып. 4. С. 488–95.
3. Сергиев В.П., Супряга В.Г., Бронштейн А.М. и др. Итоги изучения дирофиляриоза человека в России // Мед. паразитол. 2014. № 3. С. 3–9.
4. Малютина Т.А. Взаимоотношения в системе Паразит-Хозяин: биохимические и физиологические аспекты адаптации (ретроспективный обзор) // Российский паразитологический журнал. 2008. Т. 30, вып. 1. С. 24–48.