

УДК 595.771:574.5/6:616.936

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (ОТРЯД DIPTERA, РОД *ANOPHELES*) ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМАХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЧУЙСКОЙ ДОЛИНЫ (НА ПРИМЕРЕ Г. БИШКЕК И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ)

¹Раимкулов К.М., ²Шаршеева Б.К. ORCID ID 0009-0006-1345-218X,
²Мейманбаева А.К.

¹Киргизская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева,
Бишкек, Киргизская Республика, e-mail: raimkulovkursanbek@gmail.com;

²Киргизский национальный университет имени Ж. Баласагына,
Бишкек, Киргизская Республика

Малярийные комары рода *Anopheles* являются ключевыми переносчиками *Plasmodium*, вызывающих малярию, что определяет высокий уровень заболеваемости и смертности, особенно в странах Африки. В Киргизии, где ранее отмечались вспышки трёхдневной малярии, мониторинг популяций комаров критически важен для оценки эпидемиологического риска на фоне урбанизации и климатических изменений. Цель данной работы – провести эколого-эпидемиологический анализ популяций малярийных комаров *Anopheles* в антропогенно изменённой среде Чуйской долины с определением видового состава, сезонной динамики и маляриогенного потенциала. Исследование проводилось в анофелогенных водоёмах города Бишкек и окрестностей в 2023–2025 гг. Собирались имаго и личинки каждые десять дней с использованием стандартного сачка, с последующим морфологическим определением. Применялись полевые наблюдения, климатический и морфологический анализы, статистическая обработка данных. Определены фенологические особенности комаров в городской среде, сроки сезонной активности, динамика развития личинок и имаго. Выявлен видовой состав переносчиков и периоды максимальной численности. Климатический анализ позволил рассчитать потенциальную продолжительность малярийного сезона, подтверждая возможность местной передачи инфекции. Повышение температур, сокращение заморозков и удлинение тёплого сезона способствуют росту и расширению популяций комаров, ускоряя спорогонию *Plasmodium* и повышая эпидемиологический риск. В Бишкеке существуют все условия для возможного возобновления малярии: места размножения комаров, наличие переносчиков и благоприятные температурные условия. Полученные данные подчёркивают необходимость постоянного мониторинга, управления городскими водоёмами и применения современных методов контроля векторов для предотвращения локальных очагов заболевания.

Ключевые слова: комары *Anopheles*, Чуйская долина, гонотрофический цикл, среднесуточная температура, малярийный сезон, энтомологический мониторинг

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BLOOD-SUCKING MOSQUITOES (ORDER DIPTERA, GENUS *ANOPHELES*) IN INLAND WATER BODIES AND ANTHROPOGENIC HABITATS OF THE CHUY VALLEY (A CASE STUDY OF BISHKEK AND ITS SURROUNDINGS)

¹Raimkulov K.M., ²Sharsheeva B.K. ORCID ID 0009-0006-1345-218X,
²Meimanbaeva A.K.

¹I.K. Akhunbaev Kyrgyz State Medical Academy, Bishkek, Kyrgyz Republic,
e-mail: raimkulovkursanbek@gmail.com;

²Jusup Balasagyn Kyrgyz National University, Bishkek, Kyrgyz Republic

Anopheles mosquitoes are key vectors of *Plasmodium*, the causative agents of malaria, which results in high morbidity and mortality, particularly in African countries. In Kyrgyzstan, where outbreaks of *Plasmodium vivax* malaria have been previously reported, monitoring mosquito populations is critical for assessing epidemiological risk in the context of urbanization and climate change. The aim of this study was to conduct an ecological and epidemiological analysis of *Anopheles* mosquito populations in the anthropogenically altered environment of the Chuy Valley, focusing on species composition, seasonal dynamics, and malariogenic potential. The study was carried out in anopheline breeding sites in Bishkek and its surroundings from 2023 to 2025. Adult mosquitoes and larvae were collected every ten days using a standard net and identified morphologically. Field observations, climatic and morphological analyses, and statistical data processing were applied. The phenological features of mosquitoes in the urban environment, timing of seasonal activity, and dynamics of larval and adult development were determined. The species composition of vectors and periods of peak abundance were identified. Climate analysis allowed estimation of the potential duration of the malaria transmission season, confirming the possibility of local infection. Rising temperatures, reduced frost periods, and prolonged warm seasons contribute to the growth and expansion of mosquito populations, accelerating *Plasmodium* sporogony and increasing epidemiological risk. Bishkek presents all conditions for potential malaria re-emergence, including breeding sites, presence of vectors, and favorable temperature conditions. The findings highlight the need for continuous monitoring, management of urban water bodies, and application of modern vector control methods to prevent local malaria foci.

Keywords: *Anopheles* mosquitoes, Chuy Valley, gonotrophic cycle, malaria season, mean daily temperature, entomological monitoring

Введение

Комары рода *Anopheles*, безусловно, являются переносчиками *Culicidae* и наиболее подвержены усилиям по борьбе с переносчиками. Этот переносчик ответственен за передачу малярии – инфекционного заболевания, вызываемого простейшими паразитами рода *Plasmodium*, переносимыми самками комаров *Anopheles* [1]. Малярия, тяжелое трансмиссивное заболевание, поражает миллиарды людей во всем мире и ежегодно уносит более полумиллиона жизней [2].

Как отмечают авторы [3], малярия ежегодно становится причиной более полумиллиона смертей во всем мире. Большинство смертей, связанных с малярией, происходит в Африке среди беременных женщин и маленьких детей [4]. Она быстро реагирует на изменения климатических переменных [5]. Прогресс в борьбе с малярией достигается, однако проблема по-прежнему остается актуальной. В Африке значительная часть населения не имеет доступа к эффективным средствам профилактики и лечения, что делает малярию по-прежнему серьезной угрозой для здоровья миллионов людей [6].

Надзор за малярией является основой профилактики и контроля заболеваний и особенно важен для программ по ликвидации малярии, предоставляя информацию о заболевании, необходимую для разработки мер вмешательства и контроля их эффективности [7].

После достигнутого на данный момент заметного прогресса в программе борьбы с малярией Эфиопия добивается ликвидации малярии в 239 выбранных районах с низким уровнем заболеваемости, расположенных в 6 различных регионах. Из них 50 районов были отобраны для ликвидации местной передачи тропической малярии на основе стандартных критериев ВОЗ [8]. Как показывают авторы [9], применение опросов населения в рамках исследований EAG в школах и медицинских учреждениях на Гаити является эффективным и приемлемым методом для выявления остаточных очагов малярии в условиях низкой передачи. Они демонстрируют преимущество включения пространственной информации на уровне домохозяйств, что позволяет обнаруживать локальные очаги инфекции, которые пропускаются как национальными обследованиями, так и системой пассивного надзора. В начале XXI века в Киргизской Республике наблюдались эпидемические подъемы заболеваемости трехдневной малярией (*P. vivax*), что подтверждает сохранение высокого маляриогенного потенциала территории.

Чуйская долина, расположенная на севере республики, является крупным аграрно-промышленным регионом с развитой ирригационной системой и значительным антропогенным воздействием. Наличие многочисленных внутренних водоемов (каналы, арыки, пруды, подтопленные участки) в сочетании с благоприятными климатическими условиями (среднемесячная температура выше 16 °C в течение теплого сезона) создает идеальные условия для выплода и развития малярийных комаров [10]. Город Бишкек – столица Киргизской Республики, является уникальной средой обитания, 20% населения страны (более 1,0 млн человек) проживает в этом городе. Территория города имеет равномерный уклон в 2,5–3° с юга на север. Отметки в пределах города составляют от 700 до 950 м над уровнем моря. Город возник в пойме бассейнов двух рек – Аламедина и Ала-Арча. Площадь, занятая городами, составляет около 200 тыс. га [11].

В структуре твердых отходов преобладают промышленные и горнопромышленные отходы. В целом и на душу населения они особенно велики в России, США, Японии и др. Для города Бишкек большие проблемы создают так называемые твердые бытовые отходы, или просто мусор [12]. Антропогенная трансформация ландшафта оказывает существенное влияние на передачу патогенов, переносимых насекомыми-переносчиками. Однако влияние урбанизации на сообщества комаров до сих пор изучено недостаточно [13]. Гидроландшафтное районирование имеет значение для оценки степени состояния биогеоценоза при годовых колебаниях температуры воздуха и количества выпадающих осадков. С усилением влагооборота температурные условия являются доминирующими факторами, влияющими на распространение кровососущих комаров, можно полагать, что и популяции *Culicidae* будут подверженности различным колебаниями в зависимости от особенностей гидроландшафтов [14].

Отсутствие актуальных, детализированных данных об особенностях распространения личинок и имаго *Anopheles* в конкретных типах водоемов и антропогенных условиях Чуйской долины (на примере Бишкека) затрудняет точное прогнозирование риска и разработку эффективных, локализованных противокомариных мероприятий. Хотя количество заражений резко сократилось, малярийная лихорадка по-прежнему представляет собой серьезную угрозу для стран данного региона. Основными факторами уязвимости выступают перемещение людей, неблагоприятные климатические условия, а также недостаточное внимание со

стороны служб, ответственных за предотвращение эпидемий. Для недопущения будущих массовых вспышек абсолютно необходимо активизировать контроль и усилить превентивные мероприятия.

Целью исследования является провести комплексный эколого-эпидемиологический анализ популяций кровососущих комаров рода *Anopheles* в антропогенно измененных условиях Чуйской долины (на примере г. Бишкек и его окрестностей) для определения их видового состава, оценки сезонной динамики, расчета малярийного сезона и установления текущего маляриогенного потенциала региона.

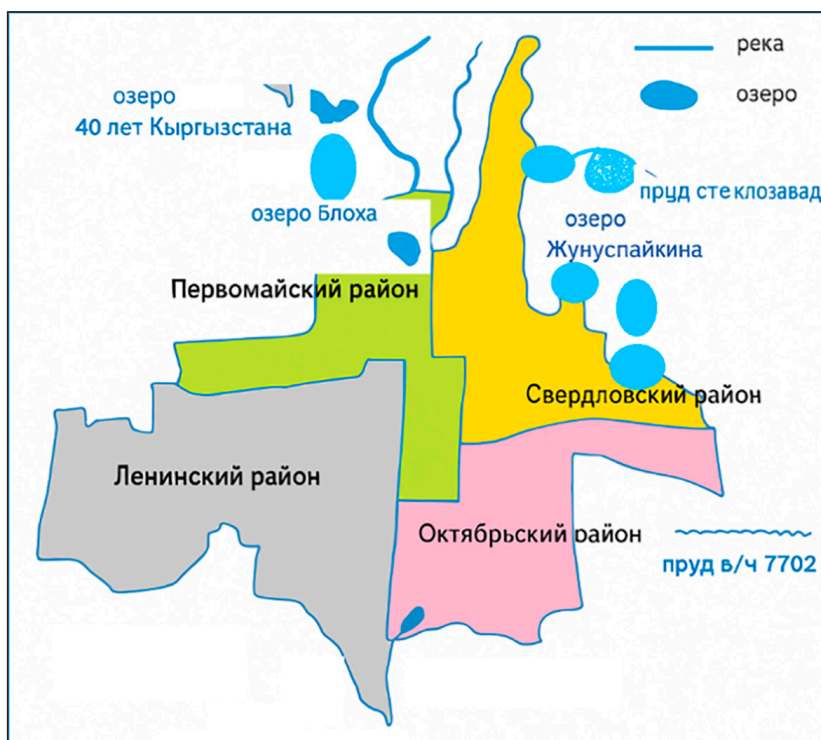
Материалы и методы исследования

Объектом данного научного исследования послужили данные фенологического характера и результаты подсчёта взрослой формы (имаго) малярийных комаров. Эти работы систематически выполнялись в шести ключевых зонах размножения (анофелогенных водоёмах) в черте города Бишкек: в прудах под условными названиями «Три ребрышка», «Жунуспайкина», «Блоха», «Пиявочный», а также на пруду войсковой части 7702 и прилегающих к ним участках. Наблюдения велись в течение шести месяцев (с апреля по сентябрь) на протяжении периода с 2023 по 2025 год.

Фенологические циклы отслеживались регулярно – каждые десять суток. Для оценки плотности личинок и куколок, находящихся в воде, применялся энтомологический сачок из мельничного газа (стандартизированные параметры: диаметр 20 см, глубина 25 см). Учёт личинок на единицу площади проводился путём пятикратного забора проб в выбранных точках. Общее количество анофелогенных водоёмов в Бишкеке, подвергшихся инспекции на присутствие личинок не менее одного раза в декаду, составило 16 (рисунок). Подсчёт численности имаго на местах дневного отдыха (днёвках) осуществлялся в одном и том же животноводческом помещении (хлеву) с крупным рогатым скотом, расположенном в границах города Бишкека.

Исследование основывалось на комплексном подходе, включавшем полевые энтомологические изыскания, климатологический анализ, лабораторный анализ образцов и статистический расчёт данных.

Личиночные стадии консервировались раствором спирта и уксусной кислоты в соотношении (3:1) для последующей идентификации вида. Видовая принадлежность рода *Anopheles* определялась с использованием определительных таблиц [15] по морфологическим признакам как у взрослых особей, так и у личинок четвёртой стадии развития.



Анофелогенные водоёмы города Бишкек

Примечание: составлено авторами на основе результатов данного исследования

Оценка популяции комаров проводилась двумя способами.

1. При низкой плотности: фиксировалось абсолютное число особей, обнаруженных на внутренних поверхностях помещения.

2. При высокой плотности: оценивалось количество насекомых на 1 м путём взятия проб в 2-3 точках.

Относительная плотность популяции была выражена как среднее число особей, зафиксированное на 1 кв. метре. Для проведения морфометрических замеров использовался стереомикроскоп МБС-10.

Результаты исследования и их обсуждение

Южные регионы Киргизской Республики, включая Ошскую, Баткенскую и Джалал-Абадскую области, имеют наибольший малярийный потенциал, главным образом из-за наличия большого количества рисовых плантаций. В Киргизской Республике среди распространенных видов малярийных комаров рода *Anopheles* можно выделить следующие 8 видов: *An. (An.) artemievi* (Гордеев и др., 2005), *An. (An.) claviger* (Мейген, 1804), *An. (An.) hyrcanus* (Паллас, 1771), *An. (An.) maculipennis* (Мейген, 1818), *An. (An.) messeae* (Фаллерони, 1926), *An. (An.) plumbeus* (Стивенс, 1828), *An. (C.) pulcherrimus* (Тесобальд, 1902), *An. (C.) superpictus* (Грасси, 1899). Эти виды малярийных комаров распространены во всех регионах Киргизской Республики.

В рамках работы на территории города Бишкек и его окрестностей были организованы регулярные выезды и велись фенологические наблюдения за численностью переносчика (комаров рода *Anopheles*). Из-

учалось влияние сезонных факторов на развитие преимагинальных стадий (яйца, личинки, куколки) и активность имагинального лета взрослых комаров. При этом за трехлетний период были проведены следующие исследования:

1) фенологические наблюдения: начало вылета комаров с зимовок, массовый вылет с зимовок, первые самки с кровью, первые личинки, куколки и вылет первой генерации и т.д.;

2) установлены сроки малярийного сезона;

3) изучена фауна переносчика;

4) проведена энтомологическая работа по контрольным точкам (по комарам) и проводилось определение вида комаров.

Как мы зафиксировали, взрослые особи комаров начали покидать места зимовки на территории Бишкека в период с 26 апреля по 15 мая. Этот процесс происходил при температурном режиме, когда среднесуточная отметка находилась в пределах от +11,4 до +21,1 °C (табл. 1).

Взрослые самки, приступившие к питанию, были впервые обнаружены в Бишкеке в период с 27 апреля по 15 мая в течение 2023 и 2024 годов.

Развитие водной фазы. Появление личинок первой стадии в постоянных водоёмах Бишкека было отмечено с 9 по 24 мая, что совпало со среднесуточными температурами воздуха от +8,9 до +16,2 °C (табл. 1).

• Наибольшая численность личиночной популяции зафиксирована с 10 июня по 9 июля.

• В пиковый период сезона плотность личинок *Anopheles* варьировалась от минимального значения (2 особи на 1 квадратный метр) до максимального (65 особей на 1 квадратный метр).

Таблица 1

Результаты наблюдений за циклами развития комаров рода *Anopheles* (виды группы *maculipennis*) в Бишкеке (2023-2024 годы)

Фенологические наблюдения	Начало вылета с зимовок	Первое обнаружение напивавшихся самок	Первое обнаружение самок с созревшими яйцами	Первое обнаружение личинок 1-го возраста	Первое обнаружение куколок	Вылет первой генерации	Первые диапаузирующие самки	Массовый уход в диапаузу
2023	13.05	14.05	17.05	23.05	10.06	14.06	15.08	10.09
2024	04.05	07.05	08.05	21.06	03.06	06.06	01.09	12.09

Примечание: сведения получены авторами на основе материалов, собранных в ходе текущего исследования.

Появление взрослых особей. Согласно предоставленным материалам, стадия куколки наблюдалась с 28 мая по 8 июня (табл. 1). Первая генерация взрослых комаров появилась уже с 4 по 12 июня.

- Пик численности имаго на местах днёвок пришёлся на 20 июня – 8 июля. В этот период преобладали особи первого поколения, а также отмечалось появление первых представителей второго поколения.

- Максимальная плотность взрослой популяции в разные годы колебалась в том же диапазоне, что и личинки: от 2 до 65 особей на 1 квадратный метр.

Уход на зимовку (диапауза). Самки группы *maculipennis*, переходящие в состояние зимней диапаузы, впервые фиксировались с 10 по 30 августа. Массовый переход этих особей в места зимовки был зарегистрирован с 27 августа по 12 сентября (табл. 1) [16].

Статистическая оценка плотности (табл. 2). При анализе усреднённой плотности популяции комаров группы *maculipennis* в Бишкеке обнаружены следующие данные:

- в 2023 году средний показатель составил 8,02 особи на 1 квадратный метр;
- в 2024 году зафиксировано снижение до 6,14 особи на 1 квадратный метр.

Таблица 2

Усредненная плотность популяции взрослых особей *Anopheles* (виды группы *maculipennis*) в местах их дневного отдыха на территории Бишкека (показатели за 2023-2024 годы)

Год	Численность экз./м ²
2023	8.02 ± 2.24
2024	6.14 ± 2.12

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

Индикатор вариабельности (2,24 для 2023 года против 2,12 для 2024 года) указывает, что изменчивость плотности популяции была более выражена в 2023 году. Это может быть следствием более нестабильных экологических условий или влияния иных факторов в тот период. Снижение среднегодовой плотности может быть обусловлено комплексом явлений, включая климатические сдвиги, изменения в экосистеме или другие природные воздействия [16]. Для выявления долгосрочных закономерностей и потенциальных причин флуктуаций крайне важно продолжить энтомологический мониторинг в последующие годы, а также учитывать внешние воздействия, такие как антропогенная нагрузка и глобальное изменение климата.

Эпидемиологический сезон передачи малярии: расчет и анализ. Ретроспективная оценка временного отрезка, когда риск инфицирования людей малярией был максимален, проводилась с опорой на среднесуточные температуры воздуха и использованием методологии М.Д. Мошковского (1950).

Методика расчета
(сумма эффективных температур)

Данный подход основан на принципе накопления определенной суммы эффективных температур (СЭТ), необходимой для завершения процесса спорогонии возбудителя (*P. vivax* требует 105 °C) в организме переносчика.

1. *Алгоритм:* из среднесуточной температуры ежедневно вычитается нижний температурный порог (14,5 °C).

2. *Начало передачи:* суммирование полученных суточных разниц продолжается до тех пор, пока СЭТ не достигнет 105 °C. Следующий день после достижения этого показателя считается моментом начала эпидемического сезона и возникновения вероятности заражения человека.

Сроки и фенологическая зависимость. Необходимая климатическая информация (для расчета начала/конца спорогонии, периодов передачи и последнего дня возможного инфицирования комаров *Plasmodium*) была получена в Центре гидрометеорологии и экологического мониторинга Бишкека.

Малярийный сезон (то есть время, когда могла происходить передача заболевания) различался по продолжительности в разные годы в Бишкеке и прямо зависел от климатических условий и, как следствие, от фенологии жизненного цикла переносчиков.

Комары становятся эффективно инфицируемыми (способными к заражению) с того момента, как среднесуточная температура воздуха установится не ниже +16 °C, после вылета первой генерации имаго.

Прогнозные сроки для 2023–2024 гг. Анализ температурных данных региона позволяет сделать следующие выводы:

- начало эффективной заражаемости комаров в 2023-2024 годах могло быть зафиксировано с 1 июня по 2 июля;
- завершение спорогонии у малярийных переносчиков происходило с 21 июня по 20 июля.

Таким образом:

- старт сезона передачи малярии мог быть отмечен с 21 июня по 24 июля;
- завершение эффективной заражаемости комаров (последний день возможной передачи инфекции) и начало окончательной спорогонии наблюдались в период с 10 июня по 1 августа (табл. 3) [16].

Таблица 3

Хронологические рамки периода, когда *Anopheles* могли эффективно инфицироваться, и сезона потенциальной передачи трёхдневной малярии человеку в черте города Бишкек (данные 2023-2024 гг.).

Элементы малярийного сезона	Начало – окончание сезона эффективной заражаемости	Дней	Начало – окончание сезона передачи малярии	Дней
2023	2.07-20.07	19-20	24.07-12.08	19-21
2024	12.06-20.07	38-40	26.06-05.09	68-70

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

Таблица 4

Календарь фенологических наблюдений за развитием малярийного комара и анализ сезонности передачи малярии по г. Бишкек за 2025 г. (по А.Е. Беляеву)

№	Наименование фенологических наблюдений	г. Бишкек	
		дата	t воздуха, °C
1	Начало вылета с зимовки	16.04.	
2	Массовый вылет с зимовки	26.04.	19,6
3	Первые самки с кровью	19.05.	17
4	Массовое появление самок с кровью	24.05.	23,1
5	Личинки:		
	1-го возраста	03.06.	20,7
	2-го возраста	06.06.	17,1
	3-го возраста	08.06.	21,3
	4-го возраста	10.06.	21,9
6	Куколки	15.06.	21,8
7	Вылет 1-й генерации	23.06.	27,6
8	Начало массового кровососания	28.06.	21,7
9	Пик численности имаго	05.07.	18,5
10	Последние самки с кровью	11.07.	27
11	Первые диапазирующие самки	28.07.	23,7
12	Массовый уход в диапаузу	04.08.	25
13	Сроки последней регистрации	12.09.	20
14	Начало сезона эффективности зараженности комаров (СЭЗ)	20.09.	17
15	Начало сезона передачи малярии человеку	29.08	16,5
16	Вероятное время появления первых случаев заражения 3-дневной малярией	09.09.	
17	Конец СЭЗ комаров	09.09.	12,7
18	Число возможных случаев спорогонии	10	

Источник: составлено авторами на основе результатов данного исследования.

По результатам мониторинга, финальная фаза возможного эпидемического сезона малярии в Бишкеке определялась моментом появления самок, уходящих на зимовку (диапауза), и была зафиксирована в период с 15 августа по 12 сентября.

Угроза передачи инфекции. В течение летних периодов 2023 и 2024 годов в Бишкеке сохранялась потенциальная опасность

распространения трёхдневной малярии в случае её заноса. Это подтверждается тем, что сумма накопленного тепла (105 °C), требуемая для полного развития (*спорогонии*) возбудителя *P. vivax*, была успешно достигнута в оба года (табл. 3).

Классификация зоны риска. Территория города Бишкек классифицирована как II зона риска передачи малярии. Данная кате-

гория обусловлена следующими климатическими параметрами:

- количество дней со средней температурой выше $+16^{\circ}\text{C}$ в среднем составляет 65 суток;

- продолжительность потенциального сезона для передачи малярии колеблется от 0 до 70 дней (табл. 3) [16].

В г. Бишкек первая спорогония для *Pl. vivax* началась 10.04.2025 г. и завершилась 22.06.2025 г. Последняя спорогония началась 12.08.25 г. и завершилась 04.09.25 г. Отмечалось 9 циклов спорогонии. Для *Pl. falsiparum* 1 спорогония началась 15.04.2025 г. и завершилась 23.08.2025 г. Отмечалось 8 циклов спорогонии.

Начало вылета комаров с зимовок – 16 апреля. Вылет комаров с зимовок происходит не одновременно. Зимняя температура в январе и феврале была низкой, средняя температура января была $7,8^{\circ}\text{C}$. Календарь фенологических наблюдений за развитием малярийного комара и анализ сезонности передачи малярии по г. Бишкек за 2025 г. (по А.Е. Беляеву) представлены в таблице 4.

Начало сезона кровососания и репродуктивного цикла. В 2025 году первые взрослые самки, приступившие к питанию кровью (особи с кровью в желудке), были зарегистрированы 19 мая. Это произошло, когда средняя максимальная температура воздуха за декаду достигла $+14,4^{\circ}\text{C}$. Массовое присутствие самок, отдохнувших после кровососания, на местах их дневного пребывания было зафиксировано в среднем с 24 мая, при этом средняя декадная температура воздуха составляла $+19,2^{\circ}\text{C}$. Самки, готовые к откладке яиц (особи с созревшими яйцами), впервые наблюдались 26 мая. Появление личинок первого возраста в анофелогенных водоёмах было отмечено 3 июня, что ознаменовало собой период активного массового кровососания в популяции.

Сроки появления диапаузы. Жирные диапазирующие самки появились во второй декаде сентября. Интенсивность диапаузы большинства комаров падает со второй половины октября. Для оценки весенних фенодат использованы в качестве вспомогательных признаков феносигналы в растительном мире, которые по срокам совпадают с фенодатами комаров. Так, распускание почек тополя совпадает с появлением первых личинок *Aedes caspius*, первым вылетом с мест зимовок *Anopheles maculipennis*, *Culex*, *Anopheles hyrcanus*.

Таким образом, по результатам расчетов на 2025 год, были определены следующие ключевые даты маляриологического сезона для г. Бишкек:

- начало сезона эффективной заражаемости комаров – 20 августа 2025 г.;

- начало сезона передачи малярии (для самок первой генерации) – 29 августа 2025 г.;

- вероятное время появления первых случаев местного заражения людей – 09 сентября 2025 г.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что в Бишкеке существуют все предпосылки для возникновения локального очага малярии: места размножения *Anopheles*, комары-переносчики малярии и температурные условия, благоприятные для развития паразита *Plasmodium*. Однако, помимо природных факторов, важную роль в этом процессе играет ввоз инфекции больными людьми и носителями трёхдневной малярии в активный сезон переносчиков. Например, в осенне-зимний период 2023-2024 годов было зарегистрировано 2 случая ввоза трёхдневной малярии.

Расчет количества гонотрофических циклов был проведен по методу Оганова-Раевского. Гонотрофический цикл определяется как период в днях, в течение которого накопленная теплота по сумме равна $36,5^{\circ}\text{C}$. Эта сумма необходима для создания одной партии яиц у самки комара. Разница в суточной температуре в загоне для скота (не ниже 16°C) вычитается на $9,9^{\circ}\text{C}$ (нижний предел фолликулярного развития). Разница температур затем накапливается до тех пор, пока не достигнет $36,5^{\circ}\text{C}$. Следующий календарный день пропускается для переваривания, откладки яиц и кровососания, и разница температур снова суммируется до достижения $36,5^{\circ}\text{C}$, продолжаясь до завершения спорогонии.

Заключение

Результаты проведенного исследования подтверждают данные предыдущих работ, выявляя ключевые тенденции в динамике передачи малярии, а также подчёркивают региональные особенности, обусловленные местными климатическими и экологическими факторами. Изменение климата способствует увеличению популяций *Anopheles spp.*, расширению их географического ареала и сокращению периода спорогонии малярийного паразита, что повышает риск передачи малярии. Эти данные подчеркивают необходимость долгосрочного мониторинга воздействия изменения климата на эпидемиологию малярии. В Бишкеке, несмотря на официальное отсутствие малярии в Киргизской Республике, сохраняется риск возвращения местной передачи из-за завозных случаев. Недавние климатические изменения, такие как повышение среднегодовых температур, сокращение периодов стабильных заморозков и продолжительные теплые сезоны, способствуют более

раннему завершению диапаузы у комаров и увеличению периода размножения. В результате сезон передачи малярии в Бишкеке, вероятно, будет удлинен, что повысит риск распространения заболевания. Кроме того, изменения климата и измененные паттерны осадков способствуют расширению географического ареала *Anopheles*, создавая новые участки для их размножения в ранее не затронутых районах. Городские условия, особенно в Бишкеке, способствуют размножению малярийных векторов: в городе выявлено 16 водоемов, 8 из которых подходят для размножения *Anopheles*. Неадекватное управление стоячими водами способствует росту популяций комаров. Для защиты общественного здоровья необходимо внедрение эффективных методов мониторинга и контроля для управления этими популяциями и минимизации последствий изменения климата.

Это исследование демонстрирует важность междисциплинарного сотрудничества и применения современных методов контроля комаров для снижения потенциальных рисков для здоровья, что обеспечит долгосрочную стабильность эпидемиологической ситуации в регионе. С учетом ускоряющихся изменений климата постоянный мониторинг малярийных комаров становится еще более важным. Потенциал климатических изменений в распределении векторов, динамике их популяций и способности к передаче заболевания требует адаптивных и проактивных стратегий общественного здравоохранения.

Список литературы

1. Wiebe A., Longbottom J., Gleave K., Shearer F.M., Sinka M.E., Massey N.C., Cameron E., Moyes C.L., Tatem A.J., Bhatt S., Hay S.I. Geographical distributions of African malaria vector sibling species and evidence for insecticide resistance // *Malaria Journal*. 2017. Vol. 16. P. 85. URL: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-017-1734-y> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1186/s12936-017-1734-y. PubMed PMID: 28320369. PMCID: PMC5343324.
2. Megersa D.M., Luo X.S. Effects of climate change on malaria risk to human health: a review // *Atmosphere*. 2025. Vol. 16 (1). P. 71. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/16/1/71> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.3390/atmos16010071.
3. Al-Awadhi M., Ahmad S., Iqbal J. Current status and the epidemiology of malaria in the Middle East region and beyond // *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. P. 338. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/2/338> (дата обращения: 17.10.2025). DOI: 10.3390/microorganisms9020338. PubMed PMID: 33672009. PMCID: PMC7926317.
4. Van Eijk A.M., Hill J., Noor A.M., Snow R.W., ter Kuile F.O. Prevalence of malaria infection in pregnant women compared with children for tracking malaria transmission in sub-Saharan Africa: a systematic review and meta-analysis // *The Lancet Global Health*. 2015. Vol. 3. P. e617–e628. URL: [https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X\(15\)00085-2/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/langlo/article/PIIS2214-109X(15)00085-2/fulltext) (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1016/S2214-109X(15)00085-2. PubMed PMID: 26248591.
5. Fouque F., Reeder J.C. Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: a look at the evidence // *Infectious Diseases of Poverty*. 2019. Vol. 8. P. 51. URL: <https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-019-0562-4> (дата обращения: 19.10.2025). DOI: 10.1186/s40249-019-0562-4. PubMed PMID: 31030192. PMCID: PMC6480412.
6. World Health Organization. World malaria report 2016. Geneva: WHO, 2016. URL: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/252038> (дата обращения: 15.10.2025).
7. World Health Organization. A framework for malaria elimination. Geneva: WHO, 2017. URL: <http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9789241511988/en/> (дата обращения: 18.10.2025).
8. Nigatu W. Entomological surveillance in the context of malaria elimination in some selected sentinel sites of Ethiopia // *Ethiopian Journal of Public Health and Nutrition*. 2019. Vol. 3. P. 72–83. URL: <https://ejphn.ephj.gov.et/index.php/ejphn/article/view/140> (дата обращения: 25.10.2025).
9. Druet T., Stresman G., Ashton R.A., et al. Programmatic options for monitoring malaria in elimination settings: easy access group surveys to investigate *Plasmodium falciparum* epidemiology in two regions with differing endemicity in Haiti // *BMC Med*. 2020. № 18. P. 141. URL: <https://bmcmecine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-020-01611-z> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.1186/s12916-020-01611-z. PubMed PMID: 32573663. PMCID: PMC7301468.
10. Мейманбаева А.К. Сезонные колебания популяций малярийных комаров рода *Anopheles* и их влияние на эпидемиологическую ситуацию малярии в городе Бишкек // *In the world of science and education*. 2025. № 3. С. 77–84. DOI: 10.24412/3007-8946-2025-152-77-84.
11. Осмонбетов К.О., Ырсалиева А.Ж. Экология Бишкека // *Молодой учёный*. 2016. № 6 (110). С. 334–339. URL: <https://moluch.ru/archive/110/27147/> (дата обращения: 15.10.2025).
12. Осмонбетов К.О., Ырсалиева А.Ж. Опыт работы с твердыми бытовыми отходами (ТБО) в России // *Вестник киргизско-российского славянского университета*. 2016. № 16 (1). С. 106–109. EDN: VWNDYL.
13. Ferraguti M., Martínez-de la Puente J., Roiz D., Ruiz S., Soriguer R., Figuerola J. Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance // *Sci Rep*. 2016. № 6. 29002. URL: <https://www.nature.com/articles/srep29002> (дата обращения: 17.10.2025). DOI: 10.1038/srep29002.
14. Панюкова Е.В., Канев В.А. Ландшафтные особенности распространения кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) в Республике Коми // *Принципы экологии*. 2023. № 2. С. 78–93. URL: <https://ecopri.ru/index.php/ecopri/article/view/164> (дата обращения: 15.10.2025).
15. Sallum M.A.M., Obando R.G., Carrejo N., Wilkerson R.C. Identification keys to the *Anopheles* mosquitoes of South America (Diptera: Culicidae). IV. Adult females // *Parasites Vectors*. 2020. № 13. P. 584. URL: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-020-04487-0> (дата обращения: 12.10.2025). DOI: 10.1186/s13071-020-04487-0.
16. Мейманбаева А.К., Рахманов А.А., Раимкулов К.М., Шаршеева Б.К., Ямщикова Т.В. Эпидемиологическая ситуация в мире по заболеваемости малярией и распространенность её переносчиков (обзор литературы) // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2025. № 1. С. 24–32. EDN: YZGHV.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.