

DOI 10.52368/2078-0109-2026-62-3-146-150
УДК 595.771:591.15(476)

**ВИДОВОЙ И КАРИОТИПИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАЛЯРИЙНЫХ КОМАРОВ (*DIPTERA, CULICIAE*)
ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Логинов Д.Н. ORCID ID 0009-0000-8148-0314, **, ***Гордеев М.И. ORCID ID 0000-0001-9031-6655,
Темников А.А. ORCID ID 0009-0006-7543-8607, **, *Конради А.А., *Волкова Т.В.,
*Гайдученко Е.С. ORCID ID 0000-0001-5648-6028, **, ***Москаев А.В. ORCID ID 0000-0003-0592-3691
*ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», г. Минск, Республика Беларусь
**Государственный университет просвещения, г. Москва, Российская Федерация
***Российский государственный университет народного хозяйства имени В. И. Вернадского,
г. Балашиха, Российская Федерация

В работе предоставлены данные по видовому составу кровососущих комаров рода *Anopheles* на территории Витебской области. Обнаружено 4 вида малярийных комаров: *Anopheles maculipennis* s. s. Meigen, 1818; *An. messeae* Falleroni, 1926; *An. hyrcanus* (Pallas, 1771); *An. daciae* Linton, Nicolescu & Harbach, 2004. Во всех исследованных местообитаниях доминировал *An. messeae* sensu lato (96,5±0,9%), который включает в себя 2 криптических вида: *An. messeae* sensu stricto и *An. daciae*. Цитогенетический состав этих двух видов в 7 выборках представлен 27 кариотипами. Кариотип $XL_{12}R_{00}3R_{00}3L_{00}$ (49,7±3,7%) у самцов и его аналог у самок $XL_{11}2R_{00}3R_{00}3L_{00}$ (40,7±3,3%) являются наиболее распространенными вариантами. **Ключевые слова:** малярийные комары, видовой состав, кариотип, инверсия, хромосомный полиморфизм, переносчики, *Anopheles*.

**SPECIES AND KARYOTYPIC COMPOSITION OF MALARIA MOSQUITOS (*DIPTERA, CULICIDAE*)
IN THE VITEBSK REGION OF BELARUS**

*Loginov D.N., **, ***Gordeev M.I., Temnikov A.A., **, ***Conradi A.A., *Volkova T.V.,
*Gajduchenko E.S., **, ***Moskaev A.V.
*SNPO "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Bioresources",
Minsk, Republic of Belarus
**Federal State University of Education, Moscow, Russian Federation
***Vernadsky Russian State University of National Economy, Balashikha, Russian Federation

This study presents data on the species composition of blood-sucking mosquitoes of the genus *Anopheles* in the Vitebsk Region, Belarus. Four malaria mosquito species were identified: *Anopheles maculipennis* s. s. Meigen, 1818; *An. messeae* Falleroni, 1926; *An. hyrcanus* (Pallas, 1771); and *An. daciae* Linton, Nicolescu & Harbach, 2004. In all investigated habitats, *An. messeae* sensu lato predominated (96.5 ± 0.9%), comprising two cryptic species, *An. messeae* sensu stricto and *An. daciae*. The cytogenetic structure of these two species was represented by 27 karyotypes identified in seven samples. Among males, the karyotype $XL_{12}R_{00}3R_{00}3L_{00}$ was the most common (49.7±3.7%), while among females its corresponding variant $XL_{11}2R_{00}3R_{00}3L_{00}$ predominated (40.7±3.3%). **Keywords:** malaria mosquitoes, species composition, karyotype, inversion, chromosomal polymorphism, vectors, *Anopheles*.

Введение. Кровососущие комары рода *Anopheles* являются переносчиками возбудителей не только малярийного плазмодия, но и ряда трансмиссивных заболеваний различной природы. На территории Беларуси из малярийных комаров были выделены дирофилярии двух видов *Dirofilaria repens* Railliet & Henry, 1911 и *Dirofilaria immitis* Leidy, 1856; возбудитель туляремии *Francisella tularensis* (McCoy and Chapin 1912) Dorofeev, 1947, а также арбовирусные инфекции: вирусы Западного Нила, Батаи, Инко, Зайца-беляка, Тягиня [1, 2, 3]. Кроме того, актуальность изучения комаров рода *Anopheles* обусловлена расширением границ их ареалов и освоением новых экологических ниш, происходящих вслед за изменением климата. Эти процессы повышают риск возникновения новых эндемичных очагов трансмиссивных заболеваний, а также могут привести к возвращению автохтонной малярии на территорию Беларуси. Точная видовая идентификация переносчиков возбудителей трансмиссивных инфекций и инвазий необходима в определении эпидемической значимости вида, поскольку все противоэпидемические мероприятия выстраиваются на основе знаний о биологии и экологии конкретного переносчика.

Целью исследования являлось изучение видового состава и структуры доминирования кровососущих комаров рода *Anopheles*, а также кариотипического состава полиморфных видов на территории Витебской области Беларуси.

Материалы и методы исследований. С 2021 по 2025 г. на территории Витебской области изучено 7 выборок малярийных комаров на личиночной стадии развития. Сборы проводились в местообитаниях: г. Лепель (54.8855063, 28.7326531); д. Бельчица Полоцкого района (55.453439,

28.761776); Альбрехтовском сельсовете Россонского района (55.898908, 28.754326); д. Рудня Городокского района (55.761196, 30.299685); г. Браслав (55.638484, 27.039404); д. Лужесно Витебского района (55.243079, 30.115993); г. Орша (54.492166, 30.420215).

Личинки малярийных комаров III-IV возраста собирали в типичных постоянных анофелогенных водоемах, заросших растительностью, со стоячей водой. Для полного представления о видовом составе малярийных комаров сборы осуществляли в водоемах, различающихся по затененности, характеру растительности, занимаемой площади и физико-химическому составу воды (рН, ррт, соленость, температура). Личинок собирали с поверхности воды стандартной кюветой 21,5х26,5 см. Фиксация проводилась в растворе Кларка (3 части 96%-ного этилового спирта и 1 часть ледяной уксусной кислоты).

Первичная идентификация видов осуществлялась морфологическим методом при помощи стандартных ключей и определителей [4]. После морфологического анализа проводили кариотипирование, в рамках которого определяли видовой состав и хромосомную изменчивость. Из слюнных желез личинок готовили препараты политенных хромосом по стандартной лактоацеторсеиновой методике с авторскими дополнениями [5]. Цитогенетическое исследование проводили с использованием микроскопов Nikon Eclipse E200 и Olympus SZX7 по фотокартам политенных хромосом. Всего было прокариотипировано 411 экземпляров личинок комаров (185 самцов и 226 самок).

Результаты исследований. Из 7 видов малярийных комаров, обитающих в Беларуси, нами было установлено распространение 4 видов: *Anopheles maculipennis* s. s. Meigen, 1818; *An. messeae* Falleroni, 1926; *An. hyrcanus* (Pallas, 1771) и *An. daciae* Linton, Nicolescu & Harbach, 2004. Среди них наиболее многочисленным являлся *An. messeae* s. l. (96,5±0,9%), разделенный на основании цитогенетических маркеров на *An. messeae* s. s. и *An. daciae*. В выборках из г. Орша и д. Бельчица данные виды являются единственными представителями кровососущих комаров рода *Anopheles*. В местообитаниях г. Лепель, Альбрехтовском сельсовете, д. Рудня, г. Браслав, а также д. Лужесно совместно с *An. messeae* s. l. развивались личинки вида *An. maculipennis*, доля которых варьировала от 1,3±1,3% до 9,0±3,2%. Кроме того, в единственном местообитании Витебской области (г. Браслав) нам удалось обнаружить 3 особи (0,7±0,4%) камышового комара *An. hyrcanus*.

По литературным данным, в Беларуси, помимо выявленных нами видов малярийных комаров, зарегистрированы *An. atroparvus*, *An. claviger* и *An. plumbeus* [6]. Отсутствие данных видов в изученных местообитаниях обусловлено их приуроченностью к специфическим местам выплода, а также к определенным экологическим характеристикам биотопов. Так, личинки *An. atroparvus* развиваются преимущественно в водоемах с повышенной соленостью воды, которые достаточно редко встречаются на территории Беларуси. Тем не менее, ранее данный вид был обнаружен в Минской (Минский район) и Гомельской (Калинковичский и Житковичский районы) областях. Вид *An. claviger*, или родниковый комар, достаточно распространен на территории Беларуси, однако, в связи с его строгой приуроченностью к водоемам со слабым течением, относится к группе редких и локальных видов [7]. Как правило, места выплода *An. claviger* представляют собой выходы грунтовых вод, родники, ключи и др.

Отдельного внимания заслуживает еще один вид – *An. plumbeus* (дупляной комар). Это единственный вид малярийного комара, откладывающий яйца в дуплах деревьев. Однако в последнее время отмечается появление синантропных популяций данного вида в Европе и на юге Российской Федерации [8]. Наблюдается существенное изменение экологической ниши этого важнейшего переносчика малярии. Несмотря на свою редкость и малочисленность, *An. plumbeus* является эпидемически значимым видом. Это единственный в Европейском регионе переносчик возбудителя тропической малярии. Экологическая специализация *An. plumbeus*, включающая ранее только природные места выплода: развилки деревьев, дупла, пни – в результате синантропизации вида претерпела существенные изменения. Помимо природных микробиотопов, вид освоил такие места выплода, как автомобильные крыши, вазоны, черные пластиковые пакеты и резиновые фрагменты в скоплениях мусора [8]. В Беларуси *An. plumbeus* обнаружен всего несколько раз в Могилевской и Гомельской областях. В 2024 году дупляной комар был обнаружен нами в автомобильной крышке на территории лесопарковой зоны г. Могилева [9].

Одним из способов адаптации насекомых к условиям обитания является хромосомная изменчивость, формирующая кариотипический состав популяций. Благодаря наличию гигантских политенных хромосом, малярийные комары являются удобными объектами цитогенетических исследований. На препаратах политенных хромосом можно локализовать внутривхромосомные мутации – фиксированные и флуктуирующие инверсионные перестройки. В настоящей работе изучали состав и наборы кариотипов в популяциях комаров Витебской области. Кариотип малярийных комаров представлен постоянным диплоидным числом хромосом и включает половую хромосому и две пары субметацентрических аутосом, объединенных общим хромоцентром. Каждая аутосома состоит из короткого левого (2L и 3L) и длинного правого плеч (2R и 3R). Половая хромосома представлена только коротким левым плечом XL, длинное правое плечо (XR) состоит из гетерохроматина и не политенизируется. У самцов половая хромосома представлена одним гомологом (XL) и на препаратах выглядит значительно тоньше, чем у самок. Политенная Y-

хромосома самцов характеризуется маленьким диффузным плечом. Таким образом, самцы имеют одну половую X-хромосому (гемизиготны), гетерозиготные варианты половой хромосомы встречаются только у самок.

Среди всех обнаруженных видов малярийных комаров только вид *An. messeae* s. l. характеризуется высоким уровнем хромосомного полиморфизма. Эволюционно исходными приняты последовательности XL₁, 2R₀, 2L₀, 3R₀ и 3L₀. Нами были выявлены инверсии *An. messeae* s. l. в популяциях Витебской области: половой хромосомы XL₀, XL₄, XL₈, XL₉, и аутосом 2R₁, 3R₁ и 3L₁. Данные инверсионные и эволюционно исходные варианты в различных сочетаниях составили кариотипы особей в популяциях малярийных комаров. Зарегистрировано 27 вариантов кариотипов, из которых 11 выявлено у самцов и 16 – у самок (таблица).

Таблица – Кариотипический состав популяций полиморфного вида *An. messeae* s. l. на территории Витебской области

Кариотип	Частота кариотипов, f±sf, %						
	г. Лепель	д. Бельчица	Альбрех- товский с-т	д. Рудня	г. Браслав	д. Лужесно	г. Орша
<i>Самцы</i>							
XL ₀ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	13,3±8,8	12,1±5,7	21,1±6,6	31,5±10,7	11,8±5,5	20,8±8,3	9,1±6,1
XL ₀ 2R ₀₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	3,0±3,0	–	–	–	–	–
XL ₀ 2R ₁₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	3,0±3,0	–	5,3±5,1	–	–	–
XL ₀ 2R ₀₀ 3R ₀₁ 3L ₀₀	–	3,0±3,0	–	–	–	4,2±4,1	–
XL ₁ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	66,7±12,2	60,6±8,5	39,5±7,9	42,1±11,3	58,8±8,4	41,7±10,1	40,9±10,5
XL ₁ 2R ₀₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	13,3±8,8	6,2±4,2	28,9±7,4	5,3±5,1	14,7±6,1	20,8±8,3	27,3±9,5
XL ₁ 2R ₁₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	5,3±5,1	–	–	–
XL ₁ 2R ₀₀ 3R ₀₁ 3L ₀₀	6,7±6,4	9,1±5,0	7,9±4,4	10,5±7,0	5,9±4,0	8,3±5,6	13,6±7,3
XL ₁ 2R ₀₁ 3R ₀₁ 3L ₀₀	–	3,0±3,0	2,6±2,6	–	5,9±4,0	–	9,1±6,1
XL ₁ 2R ₁₁ 3R ₀₁ 3L ₀₀	–	–	–	–	2,9±2,9	–	–
XL ₁ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₁	–	–	–	–	–	4,2±4,1	–
<i>Самки</i>							
XL ₀₀ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	12,4±8,3	8,7±4,7	11,1±5,2	15,0±8,0	8,8±4,9	2,9±1,7	3,9±2,7
XL ₀₀ 2R ₀₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	5,0±4,9	–	5,9±2,4	–
XL ₀₁ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	12,4±8,3	5,7±3,9	16,7±6,2	5,0±4,9	8,8±4,9	20,6±4,4	3,9±2,7
XL ₀₁ 2R ₀₀ 3R ₀₁ 3L ₀₀	6,3±6,1	–	–	–	–	–	3,9±2,7
XL ₀₈ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	6,3±6,1	5,7±3,9	5,6±3,8	5,0±4,9	5,9±4,0	5,9±2,4	2,0±1,9
XL ₀₉ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	11,4±5,4	5,6±3,8	10,0±6,7	–	–	–
XL ₀₉ 2R ₀₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	2,8±2,7	–	–	–	–
XL ₁₁ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	50,0±12,5	51,4±8,4	30,6±7,7	15,0±8,0	50,0±8,6	32,4±5,4	47,0±7,0
XL ₁₁ 2R ₀₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	6,3±6,1	5,7±3,9	13,9±5,8	15,0±8,0	11,8±5,5	11,8±3,4	15,7±5,1
XL ₁₁ 2R ₀₁ 3R ₀₁ 3L ₀₀	–	5,7±3,9	–	–	2,9±2,9	5,9±2,4	3,9±2,7
XL ₁₁ 2R ₁₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	–	–	2,9±1,7	–
XL ₁₁ 2R ₁₁ 3R ₀₁ 3L ₀₀	–	5,7±3,9	–	5,0±4,9	–	–	2,0±1,9
XL ₁₁ 2R ₀₀ 3R ₀₁ 3L ₀₀	6,3±6,1	–	13,9±5,8	20,0±8,9	11,8±5,5	8,8±2,9	15,7±5,1
XL ₁₄ 2R ₁₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	–	–	–	2,0±1,9
XL ₁₈ 2R ₀₀ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	–	–	2,9±1,7	–
XL ₁₉ 2R ₁₁ 3R ₀₀ 3L ₀₀	–	–	–	5,0±4,9	–	–	–

В популяциях *An. messeae* s. l. из изученных местообитаний состав кариотипов варьирует от 4 (г. Лепель) до 8 (д. Бельчица) у самцов и от 7 (г. Лепель и г. Браслав) до 10 (д. Рудня, Городокского района) у самок. Наиболее распространенными кариотипами является эволюционно исходная форма XL₁2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (49,7±3,7%) у самцов и XL₁₁2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (40,7±3,3%) у самок. Следует отметить, что по кариотипической структуре популяции малярийных комаров Витебской области имеют явные отличия от таковых, расположенных на территории Минской, Брестской и Гомельской областей [10]. Данные местообитания характеризуются меньшим (от 4 до 8) количеством вариантов кариотипов, а также повышенной частотой встречаемости кариотипов XL₀2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (37,2±3,8%) у самцов, и вариантов XL₀₀2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (12,3±3,1%) и XL₀₁2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (34,4±3,9%) у самок.

Для самцов, помимо основного варианта кариотипа, часто встречаются формы с гетерозиготными инверсионными вариантами по аутосомам 2R и 3R: XL₁2R₀₁3R₀₀3L₀₀ (17,3±2,8%), XL₁2R₀₀3R₀₁3L₀₀ (8,6±2,1%), а также с инверсией XL₀ половой хромосомы – XL₀2R₀₀3R₀₀3L₀₀ (16,8±2,7%), доля остальных кариотипов не превышает 1,1±0,8%. Кариотипический состав самок отражает аналогичное самцам распределение кариотипов: XL₁₁2R₀₁3R₀₀3L₀₀ (11,9±2,2%), XL₁₁2R₀₀3R₀₁3L₀₀ (11,1±2,1%). В кариотипах самок инверсия по половой хромосоме XL₀ представлена в гомо- (XL₀₀2R₀₀3R₀₀3L₀₀ - 8,0±1,8%) и гетерозиготном (XL₀₁2R₀₀3R₀₀3L₀₀ - 10,2±2,0%) состоянии.

Выборка из д. Рудня, выделяется среди остальных высокой долей кариотипа XL₀2R₀₀3R₀₀3L₀₀

(31,5±10,7%) у самцов, а также отсутствием четко выраженной доминантной формы у самок. Кроме того, в данной популяции были обнаружены уникальные кариотипические формы XL₁₂R₁₁3R₀₀3L₀₀ (5,3±5,1%) и XL₁₉2R₁₁3R₀₀3L₀₀ (5,0±4,9%).

Кариотипы самцов XL₀2R₁₁3R₀₀3L₀₀, XL₀2R₀₁3R₀₀3L₀₀ и самок XL₀₀2R₀₁3R₀₀3L₀₀, XL₀₉2R₀₁3R₀₀3L₀₀ являются гибридными формами, которые возникли в результате скрещивания двух филогенетически близких криптических видов *An. messeae* s. s. и *An. daciae*. Данные виды характеризуются неполной репродуктивной изоляцией.

Заключение. Таким образом, видовой состав малярийных комаров Витебской области представлен 4 видами: *An. maculipennis*, *An. messeae*, *An. hyrcanus* и *An. daciae*. Во всех исследованных местообитаниях доминировал *An. messeae* s. l. (*An. messeae* s. s. и *An. daciae*). Кроме того, изученные популяции полиморфного вида *An. messeae* s. l. характеризуются высоким кариотипическим разнообразием в сравнении с популяциями из центральных и южных областей Беларуси. Выявлено 19 форм кариотипов, представленных сочетаниями хромосомных вариантов XL₀, XL₁, XL₄, XL₈, XL₉, 2R₀, 2R₁, 2L₀, 3R₀, 3R₁, 3L₀, 3L₁.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (РНФ) № 24-44-10003, <https://rscf.ru/project/24-44-10003/> «Генетический и экологический анализ популяций малярийного комара *Anopheles plumbeus* как важного потенциального переносчика трансмиссивных заболеваний в Российской Федерации и Республики Беларусь» (проект реализуется научным коллективом совместно с зарубежным научным коллективом, отобранным Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (БРФФИ), грант № Б23РНФМ-068).

Conclusion. The species composition of malaria mosquitoes in the Vitebsk Region is represented by four species: *An. maculipennis*, *An. messeae*, *An. hyrcanus*, and *An. daciae*. In all studied habitats, *An. messeae* s. l. (*An. messeae* s. s. and *An. daciae*) was the dominant species. In addition, the investigated populations of the polymorphic species *An. messeae* s. l. exhibited a high level of karyotypic diversity compared with populations from the central and southern regions of Belarus. A total of 19 karyotypic forms were identified, represented by combinations of the chromosomal variants XL₀, XL₁, XL₄, XL₈, XL₉, 2R₀, 2R₁, 2L₀, 3R₀, 3R₁, 3L₀, and 3L₁.

The study was funded by the Russian Science Foundation grant (RSF) No. 24-44-10003, <https://rscf.ru/en/project/24-44-10003/> "Genetic and ecological analysis of populations of the malaria mosquito *Anopheles plumbeus* as an important potential vector of vector-borne diseases in the Russian Federation and the Republic of Belarus" (the project is implemented by a scientific team together with a foreign scientific team selected by the Belarusian Republican Foundation for Basic Research (BRFBR), grant No. B23RNFM-068).

Список литературы.

1. Энтомологический надзор за акаро-энтомофауной, имеющей медицинское значение в Республике Беларусь : информационно-аналитический бюллетень / под общ. ред. С. Е. Яшковой. – Минск : ГУ «РЦГЭиОЗ», 2000–2022.
2. Рубанова, Ф. Г. Некоторые особенности эпидемиологии туляремии в БССР / Ф. Г. Рубанова, Т. Т. Сенчук // Сборник научных трудов Белорусского института эпидемиологии микробиологии и гигиены / под ред. В. И. Вотякова [и др.]. – Минск, 1957. – С. 224–229.
3. Самойлова, Т. И. Арбовирусы Беларуси и особенности их циркуляции в южной ландшафтно-климатической зоне республики / Т. И. Самойлова // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2017. – № 6 (105). – С. 44–50.
4. Becker, N. Mosquitoes and Their Control / N. Becker, D. Petrić, M. Zgomba [et al.]. – Second Edition. – Berlin : Springer, 2010. – 577 p.
5. Москаев, А. В. Хромосомный состав популяций малярийного комара *Anopheles messeae* в центре и на периферии видового ареала / А. В. Москаев, М. И. Гордеев, О. В. Кузьмин // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 1. – С. 29–35.
6. Суло, Д. С. Фауна кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) Беларуси / Д. С. Суло // Паразитология. – 2019, – Т. 53, № 5. – С. 399–415 – DOI: 10.1134/S0031184719050041.
7. Кровососущие членистоногие (Acari: Ixodidae; Diptera: Culicidae, Simuliidae) в населенных пунктах различной категории на территории Могилевской области Беларуси / Е. И. Бычкова, М. М. Якович, Д. С. Суло, Д. В. Довнар // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знака Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2023. – № 59 (2). – С. 124–129. – DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-2-124-129.
8. О расширении экологической ниши дупляного малярийного комара *Anopheles plumbeus* Stephens, 1828 на территории России и Белоруссии / А. Г. Бега, Д. Н. Логинов, М. И. Гордеев [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Серия: Биология. – 2025. – № 69. – С. 9–19. – DOI: 10.17223/19988591/69/2.
9. Видовой состав и биотопическая приуроченность малярийных комаров (Diptera, Culicidae) Беларуси / Д. Н. Логинов, Е. Ю. Ли, А. Г. Бега [и др.] // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2025. – № 1. – С. 3–11. – DOI: 10.33092/0025-8326mp2025.1.3-11.
10. Хромосомный состав популяций малярийного комара *Anopheles messeae* s. l. центра и юга Республики Беларусь / Д. Н. Логинов, Е. Ю. Ли, В. И. Панов, А. А. Темников // Экология и животный мир. – 2023. – № 1. – С. 33–38.

References.

1. Entomologicheskij nadzor za akaro-entomofaunoj, imeyushchej medicinskoe znachenie v Respublike

Belarus' : informacionno-analiticheskij byulleten' / pod obshch. red. S. E. YAshkovej. – Minsk : GU «RCGEiOZ», 2000–2022.

2. Rubanova, F. G. *Nekotorye osobennosti epidemiologii tulyaremii v BSSR / F. G. Rubanova, T. T. Senchuk // Sbornik nauchnyh trudov Belorusskogo instituta epidemiologii i mikrobiologii i gigeny / pod red. V. I. Votyakova [i dr.]. – Minsk, 1957. – С. 224–229.*

3. Samojlova, T. I. *Arbovirusy Belarusi i osobennosti ih cirkulyacii v yuzhnoj landshaftno-klimaticheskoy zone respubliky / T. I. Samojlova // Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. – 2017. – № 6 (105). – С. 44–50.*

4. Becker, N. *Mosquitoes and Their Control / N. Becker, D. Petrić, M. Zgomba [et al.]. – Second Edition. – Berlin : Springer, 2010. – 577 p.*

5. Moskaev, A. V. *Hromosomnyj sostav populyacij malyarijnogo komara Anopheles messeae v centre i na periferii vidovogo areala / A. V. Moskaev, M. I. Gordeev, O. V. Kuz'min // Vestnik MGOU. Seriya: Estestvennye nauki. – 2015. – № 1. – С. 29–35.*

6. Suslo, D. S. *Fauna krovososushchih komarov (Diptera, Culicidae) Belarusi / D. S. Suslo // Parazitologiya. – 2019, – Т. 53, № 5. – С. 399–415 – DOI: 10.1134/S0031184719050041.*

7. *Krovososushchie chlenistonogie (Acari: Ixodidae; Diptera: Culicidae, Simuliidae) v naselennykh punktakh razlichnoj kategorii na territorii Mogilevskoj oblasti Belarusi / E. I. Bychkova, M. M. YAkovich, D. S. Suslo, D. V. Dovnar // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znaka Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2023. – № 59 (2). – С. 124–129. – DOI: 10.52368/2078-0109-2023-59-2-124-129.*

8. *O rasshirenii ekologicheskoy nishi duplyanogo malyarijnogo komara Anopheles plumbeus Stephens, 1828 na territorii Rossii i Belorussii / A. G. Bega, D. N. Loginov, M. I. Gordeev [i dr.] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2025. – № 69. – С. 9–19. – DOI: 10.17223/19988591/69/2.*

9. *Vidovoj sostav i biotopicheskaya priurochennost' malyarijnykh komarov (Diptera, Culicidae) Belarusi / D. N. Loginov, E. YU. Li, A. G. Bega [i dr.] // Medicinskaya parazitologiya i parazitarnye bolezni. – 2025. – № 1. – С. 3–11. – DOI: 10.33092/0025-8326mp2025.1.3-11.*

10. *Hromosomnyj sostav populyacij malyarijnogo komara Anopheles messeae s. l. centra i yuga Respubliki Belarus' / D. N. Loginov, E. YU. Li, V. I. Panov, A. A. Temnikov // Ekologiya i zhivotnyj mir. – 2023. – № 1. – С. 33–38.*

Поступила в редакцию 01.06.2026.

DOI 10.52368/2078-0109-2026-62-3-150-154

УДК 663.973.4:57.084

АРОМАТИЗИРОВАННЫЕ НИКОТИНСОДЕРЖАЩИЕ КУРИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ СИЛЫ ЭКСПРЕССИИ *BRCA1* И *KRAS* В ТКАНЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Пашинская Е.С. ORCID ID 0000-0002-5473-4240, Соболевская И.С. ORCID ID 0000-0001-8300-7547, Хныков А.М. ORCID ID 0009-0006-5832-2602, Гулина А.К. ORCID ID 0009-0001-7397-7993, Кужель Д.К. ORCID ID 0000-0001-9687-7963, Матвеев Д.С. ORCID ID 0009-0006-7977-8641, Пахом З.Р. ORCID ID 0009-0006-2485-1231

УО «Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Для воспроизведения эксперимента создана модель симуляции курения по механическому типу для забора/выдува аэрозоля курительной смеси из электронной сигареты (вейпа) в условиях стеклянного куба объемом 96 литров. Эксперимент выполнен на 50 самках крыс линии Wistar. Воздействие курительной смесью (содержание никотина 6, VG/PG 50/50, ароматизированная) на экспериментальных животных проводили 5-кратным забором/выдувом смеси из электронной сигареты (вейпа), что суммарно соответствовало 3,5 л аэрозоля. Экспозиция животных после воздействия смеси составляла 5 минут.

После воздействия курительной смеси осуществляли забор материала (печени, легких, головного мозга, плазмы крови) в соответствии с протоколом-дизайном эксперимента. Для достижения поставленной цели проводили определение экспрессии протоонкогенов *BrcA1* и *Kras* в сравнении с генами-референсами β -актином (*Actb*) и *Gapdh* путем ПЦР-анализа в тканях интактных и экспериментальных крыс.

Проведенное нами исследование показало, что курительные смеси могут воздействовать на генетический аппарат клеток за счет изменения силы экспрессии генов. Такие процессы могут привести к блокировке экспрессии генов-супрессоров опухолевого роста, что станет основой для активации протоонкогенов (нестабильности генома) и дальнейшему процессу опухолевого роста. **Ключевые слова:** *BrcA1*, *Kras*, крыса, курительная смесь, экспрессия.

AROMATIZED NICOTINE-CONTAINING SMOKING MIXTURES AS A FACTOR IN CHANGING THE EXPRESSION OF *BRCA1* AND *KRAS* IN TISSUES OF EXPERIMENTAL ANIMAL

Pashinskaya E.S., Sobolevskaya I.S., Khnykav A.M., Hulina A.K., Kuzhel D.K., Matveev D.S., Pahom Z.R.
Educational institution "Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University",
Vitebsk, Republic of Belarus

To simulate the experiment, a mechanical smoking simulation model was created for aspirating and expelling aerosolized smoking mixture from an e-cigarette (vape) in a 96-liter glass cube. The experiment was conducted on 50