



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 2 (48). Июнь, 2023

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
В. Krasnov
А. Gugotek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 576.895.77

ЛАНДШАФТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРОВСОСУЩИХ КОМАРОВ (DIPTERA: CULICIDAE) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

ПАНЮКОВА
Елена Викторовна

*кандидат биологических наук, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,
panykova_lena@mail.ru*

КАНЕВ
Владимир Алексеевич

*кандидат биологических наук, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,
kanev@ib.komisc.ru*

Ключевые слова:
кровососущие
комары
Республика Коми
гидроландшафты
Уральские горы
ландшафтная
энтомология

Аннотация: Природные комплексы с единством условий, влияющих на развитие и расселение кровососущих комаров, названы гидроландшафтами. Представлена схема гидроландшафтного районирования территории Республики Коми на основе концепции гидроландшафтов, разработанной ранее для Новгородской области (Медведев, Панюкова, 2005). Основы для выделения гидроландшафтов сочетают климатические, ландшафтно-гидрологические и биологические характеристики природно-территориальных комплексов. В результате многолетних (2005–2021 гг.) маршрутных и стационарных исследований фауны и экологии кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) и особенностей их обитания в ландшафтных условиях нами выделены 6 типов гидроландшафтов для территории Республики Коми, из них 3 характеризуют горные и возвышенные территории Уральской горной страны (горно-водораздельный, предгорно-озерно-речной и грядово-водораздельный-речной) и 3 гидроландшафта отнесены к равнинным территориям Восточно-Европейской платформы (низменно-болотно-водораздельный; низменно-болотно-междуречный и низменно-болотно-озерный). Дополнением к гидроландшафтному методу служит выделение видов эдификаторов и индикаторов. Для каждого типа гидроландшафта указаны массовые виды кровососущих комаров и виды растений как виды-эдификаторы, определяющие характер биоценоза с наиболее благоприятными для них экологическими условиями. Выделены также кровососущие комары и растения как виды-индикаторы гидроландшафта. К ним отнесены редкие или уязвимые в данных условиях виды растений и кровососущих комаров, для которых факторы среды ограничивают их развитие или расселение в данных условиях. Результаты гидроландшафтных исследований можно применять при расчете экологических и эпидемиологических рисков, прогнозировании видового состава кровососущих комаров в труднодоступных районах. Гидроландшафтный метод может быть использован для выявления степени устойчивости экосистем при изменениях, вызванных различными антропогенными факторами.

© Петрозаводский государственный университет

Рецензент: М. И. Гордеев

Получена: 10 апреля 2023

Подписана к печати: 9 июня 2023 года

Введение

Природные комплексы с единством условий, влияющих на развитие и расселение кровососущих комаров, названы гидроландшафтами или группами ландшафтов. Они характеризуются общностью источников водного питания, сходным характером движения вод вследствие наличия на них гидрообъектов, а также особенностями мезорельефа и грунтов (Медведев, Панюкова, 2005). Схема гидроландшафтного районирования была разработана и применена для территории Новгородской области на основе анализа типизации мест развития кровососущих комаров и гидробиологической оценки влияния ландшафта (Панюкова, 2005). Гидроландшафтное районирование относится к типологическому, т. к. оно выполнено на основе классификации типов местности и соединяет в один тип однородные территории, что соответствует понятию «типологического районирования» (Арманд, 1975). Выделение гидроландшафтов – комплексная характеристика определенного района с точки зрения его пригодности для обитания кровососущих комаров. Важную роль в их выделении играют тип водного питания территории, рельеф и способность грунтов задерживать или пропускать влагу. Гидроландшафты интразональны. При их выделении учитываются зональные составляющие: климат, тип почв и растительность. Данный системный подход можно считать частью ландшафтной энтомологии. Ландшафтная энтомология или энтомология ландшафта изучает ландшафты как среду обитания и жизнедеятельности насекомых. Речь идет о сопряженном исследовании природно-аквальных и природно-территориальных комплексов (Тютюнник, 2009). Системный подход предполагает использование в исследовательском процессе весьма широкого понятия – организации, организованности ландшафтов или экосистем. Это понятие включает две взаимосвязанные части: 1) внутреннюю упорядоченность, согласованность и взаимодействие частей (элементов) целого; 2) совокупность процессов поведения (функционирования), управления и саморегуляции на каждом структурном уровне. Анализ связей внутри гео(эко)системы и между системами составляет суть самого ландшафтно-экологического исследования (Коломыц, 2018). Целью данной работы стало районирование территории Республики Коми на основе анализа роли гидроланд-

шафтных условий в распределении видов кровососущих комаров. В задачи работы входило объединение ландшафтов в более крупные структурные выделы – гидроландшафты, а также указание редких видов-индикаторов и массовых видов-эдификаторов гидроландшафтов на примере кровососущих комаров и растений. Результатом работы стало составление типологической классификации и карты-схемы гидроландшафтов для равнинной и горной территорий Республики Коми.

Материалы

Регион исследований расположен на северо-востоке европейской части России в границах Республики Коми (РК). Протяженность территории с севера на юг составляет 785 км, с запада на восток – 695 км, площадь – 416774 км² (Атлас..., 1964). Рельеф характеризуется чередованием равнинных и горных территорий. Север республики занимает низменная территория Большеземельской тундры. На водоразделе Печоры, Мезени и Вычегды с северо-запада на юго-восток расположен Тиманский кряж. На юго-запад от Тимана раскинулась Вычегодско-Мезенская равнина, переходящая к югу в отроги Северных Увалов. Между Тиманом и Уралом расположена Печорская низменность, имея на западе Больше-Кожвинскую гряду, а на востоке кряж Чернышева. Климат на севере (тундра, лесотундра) – арктический и субарктический, на юге (тайга) – умеренный континентальный. Общая циркуляция атмосферы обуславливает на территории республики преобладание в зимнее время ветров южного и юго-западного направлений, а летом – северного направления. Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой и повышенного летом под воздействием интенсивного западного переноса воздушных масс. Наличие обширных и многочисленных болот, густая речная сеть, обусловленные избыточным увлажнением, способствуют повышенной влажности климата (Атлас..., 1997). Большая протяженность территории в широтном и долготном направлениях, ее неоднородность по геологическому строению, климату и рельефу определяют значительное разнообразие природных условий и ландшафтов. Известно, что формирование определенных фаунистических групп насекомых связано с характером ландшафта и климатом, которые следует рассматривать как сложный единый природный комплекс внешних факто-

ров (Шарков, Лутта, 1977). Фаунистическим материалом для работы послужили сборы имаго и личинок семейства Culicidae на территории РК с 2005 по 2021 г. Всего в анализе использованы данные о 20095 экз. комаров 38 видов, из них на преимагинальной стадии изучены 14806 экз., на стадии имаго – 5289 экз. Сборы кровососущих комаров проведены во всех природных зонах РК. На равнинной территории наибольшее число мест сборов приходится на подзоны южных тундр и средней тайги. В горной части региона наибольшее число сборов выполнено на Полярном и Приполярном Урале. Обработаны имеющиеся литературные сведения и материалы энтомологических коллекций кровососущих комаров Зоологического института РАН (ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург) и Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН (коллекция Т. С. Остроушко) (ИБ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар). Большая часть собранных коллекционных материалов (личинки и имаго комаров) хранится в Научном музее Института биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар), некоторые препараты личинок и имаго переданы в коллекцию Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург). Фотоматериалы (биотопы, виды комаров на различных стадиях) представлены в «Информационной системе по насекомым комплекса гнуса Северо-Востока европейской части России» на сайте Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Панюкова и др., 2014). Информация о сборах внесена в электронную таблицу данных в программе Microsoft Excel, которая включает информацию по 30 различным характеристикам сбора (координаты, дата, вид, количество, метод и т. д.). Отметим, что группа экземпляров разных видов из одного сбора имеет отдельную строку в таблице данных, что позволяет анализировать информацию по группировкам видов кровососущих комаров.

В качестве картографической основы для гидроландшафтного районирования использована среднemasштабная (М 1:200000) цифровая ландшафтная карта РК, включающая геоинформацию о 1206 ландшафтах, выделенных ранее С. В. Ильчуковым. Макет карты выполнен на основе критериев, которые частично подходят под задачи нашего исследования. Ландшафтная карта РК составлена на основе камеральной интерпретации большого объема разномасштабного картографического материала с оценкой достоверности использованных методик и кри-

териев (Ильчуков, 2010). За основу объединения ландшафтов в гидроландшафты нами выбраны важнейшие для распространения комаров факторы: преобладающая морфоструктура рельефа, мезоклимат, степень дренированности территории, речная сеть, преобладающий тип грунтов, почв и растительности. Для визуализации территорий ландшафтов проанализированы материалы вертолетной фотоаэросъемки, выполненные В. А. Каневым с 2001 по 2016 г. и Е. В. Панюковой в 2021 г. на экспедиционных маршрутах по горным и равнинным территориям РК. Всего сделано более 1700 фотоснимков на высотах от 600 до 2000 м.

Методы

Фотоматериалы дают представление о состоянии природных объектов в момент наблюдения. Группы фотографий дополняют и уточняют местоположения стариц, озер, островов на реках, изгибов меандрирующих рек, болотных комплексов, вырубков, лесных массивов. Путь наблюдений отмечен на карте Google Maps с размещением фотографий, а также использованы ресурсы портала <http://gis.rkomi.ru/oort> (Залесская, 2014). Годы проведения фотоаэросъемок и генеральные направления движения на маршрутах показывают широту охвата территории исследования (рис. 1). Наиболее подробно метод аэрофотосъемки для ландшафтного анализа был апробирован 4 августа 2011 г. Были выполнены 714 фотографий с борта вертолета Ми-8 авиакомпании «Комиавиатранс» с использованием камеры Canon G 12. При этом крейсерная скорость вертолета составляла 180 км в час, фотосъемка проведена на высоте 1000–2000 м при отличной видимости. Сделаны фотографии видов земной поверхности на пути следования вертолета от хребта Мань-Хамбо (Печоро-Ильчский заповедник, Северный Урал) до поселка Троицко-Печорск. Временные промежутки между фотографиями составляли от 10 секунд до 3 минут. На каждом фото отмечено время съемки (например: хр. Мань-Хамбо 10 ч. 14 мин., кордон Укьюдин 10 ч. 41 мин., пос. Троицко-Печорск 11 ч. 27 мин.). Отдельные, наиболее интересные участки земной поверхности отсняты многократно, при разном увеличении. Ландшафтная фотосъемка природных объектов охватила бассейны рек Илыч и Печора (правый берег). На фото представлены долины рек: Когель, Изпыредью, Лопью, Сарью, Большая Ляга, р. Шерляга и р. Мылва. Выполнены фото различных

типов болот: верховых (комплексных грядово-мочажинных) и лесных (сосново-кустарничково-сфагновых), а также аапа-болот, переходных и низинных.

При районировании территории РК для учета распространения комаров сем. Culicidae нами был использован классический метод наложения карт (слоев) в программе свободного доступа (ArcGis 9.1). Эколого-географический анализ территории

РК включал также геоинформацию из тематических карт: климатической, почвенной, карты растительности и водных ресурсов (Атлас почв..., 2010; Атлас..., 2011). Карты-схемы созданы в векторном графическом редакторе (Xara Photo & Graphic Designer 6) Е. К. Роговцовой. При решении задач таксономического анализа использован метод обработки информации средствами баз данных (Медведев и др., 2004).

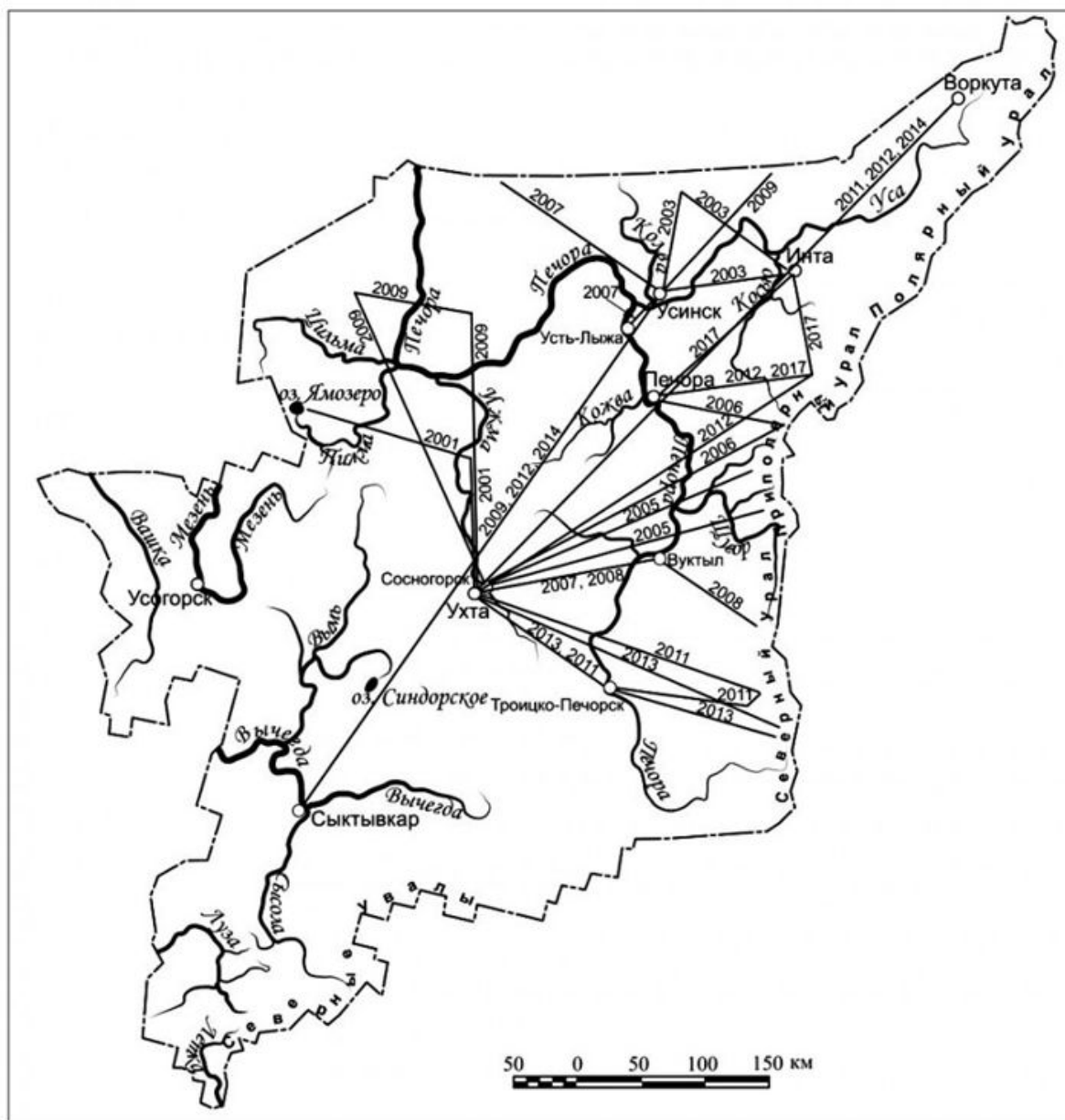


Рис. 1. Карта-схема полетных наблюдений и маршрутов проведения аэрофотосъемки на территории Республики Коми

Fig. 1. Map-scheme of flight observations and routes of aerial photography on the territory of the Komi Republic

Полевые исследования проводили по стандартной методике для рассматриваемой группы насекомых. Сборы личинок кровососущих комаров выполнены эмалированной кюветой размером 18 x 12 x 2 см и водным сачком с длиной ручки 1 м, квадратным сечением обруча (длина стороны 0.12 м) и глубиной сачка 0.15 м. Основным методом полевых исследований имаго был сбор нападающих самок комаров на предплечье учетчика эксгаустером или пробиркой-морилкой в течение 20 минут «на себе» (Гуцевич и др., 1970; Голуб и др., 2021). Качественные фаунистические сборы сделаны нами 5 мл пробиркой. Для сбора накрывали питающегося комара пробиркой, заполненной на треть 70 % этиловым спиртом. Этот способ позволяет собрать материал с минимальным повреждением чешуек тела комара, которые важны для видовой идентификации. При высокой частоте нападения комаров отмечали время в секундах, затраченное на сбор десяти нападающих имаго самок, с последующим перерасчетом числа нападений за 20-минутный интервал. Определение видов комаров выполнено по ключам (Гуцевич и др., 1970; Becker et al., 2010). Для идентификации растений использован региональный определитель (Флора..., 1974, 1976 а, б, 1977). Латинские названия растений приводятся по руководству Черепанова (Черепанов, 1995).

Результаты

Ранее для территории Новгородской области были составлены фаунистические списки семейства Culicidae для 6 гидроландшафтов. На территории РК также выделены 6 типов гидроландшафтов (рис. 2). Из них 3 характеризуют возвышенные и горные территории (горно-водораздельный, предгорно-озерно-речной и грядово-водораздельно-речной) и 3 гидроландшафта отнесены к равнинным территориям Восточно-Европейской равнины (низменно-болотно-водораздельный, низменно-болотно-междуречный и низменно-болотно-озерный). Три из них (низменно-болотно-водораздельный, низменно-болотно-междуречный и низменно-болотно-озерный) имеют аналоги на территории Новгородской области. Три других гидроландшафта (предгорный-озерно-речной, горно-болотно-междуречно-озерный и горно-озерно-речной) дополняют известную типизацию гидроландшафтов. Горные и предгорные типы гидроландшафтов определены особенностями Уральских гор и дру-

гих возвышенных территорий РК (Тиманский кряж, Северные Увалы), они рассматриваются впервые. Ниже приводится описание каждого типа гидроландшафта по следующему плану: название, описание территории, преобладающий тип почвы и растительного покрова, характер дренированности территории и преобладающий тип грунтов, основные водные объекты на территории гидроландшафта с типом их водного питания. Для каждого гидроландшафта отмечены преобладающие группы растительных сообществ и группировки видов комаров (с выделением видов-эдификаторов и видов-индикаторов гидроландшафтов). К видам-эдификаторам гидроландшафта отнесены массовые виды, определяющие характер биоценоза с наиболее благоприятными для них экологическими условиями. Виды-индикаторы – это редкие или единично встречающиеся в данных условиях виды растений и кровососущих комаров, для которых существующие факторы среды ограничивают их развитие или расселение в условиях конкретного гидроландшафта.

№ 1. Горно-водораздельный (Северный, Приполярный и Полярный Урал) (рис. 3). Этот гидроландшафт характеризуется хорошо выраженным естественным дренажем на горных участках, средним и слабым дренажем в межгорных понижениях, где формируются болота низинного и переходного типов. Преобладающим типом водного питания данной территорией являются атмосферные осадки и грунтовые воды. Наибольшее количество осадков в виде дождя и снега выпадает на наветренных склонах Уральских гор. В Уральских горах хорошо выражена вертикальная поясность, в горно-лесном поясе представлены хвойные и березовые леса, выше, в подгольцовом, располагаются березовые и еловые редколесья, а также луговинные тундры. В горно-тундровом поясе распространены различные тундры (кустарничковые, лишайниковые). Растение-индикатор – ветреница пермская (*Anemonastrum biarmiense* (Juz.) Holub) – редкий вид, занесенный в Красную книгу РК. Растет ветреница вдоль рек и ручьев, часто встречается по окраинам снежников, характерна для горных тундр. Растение-эдификатор – карликовая береза (*Betula nana* L.). Условия для обитания кровососущих комаров здесь очень ограничены. Находки имаго и личинок выполнены только около водотоков и в горной тундре, где в плоских пересяхающих водоемах на скалах возможно

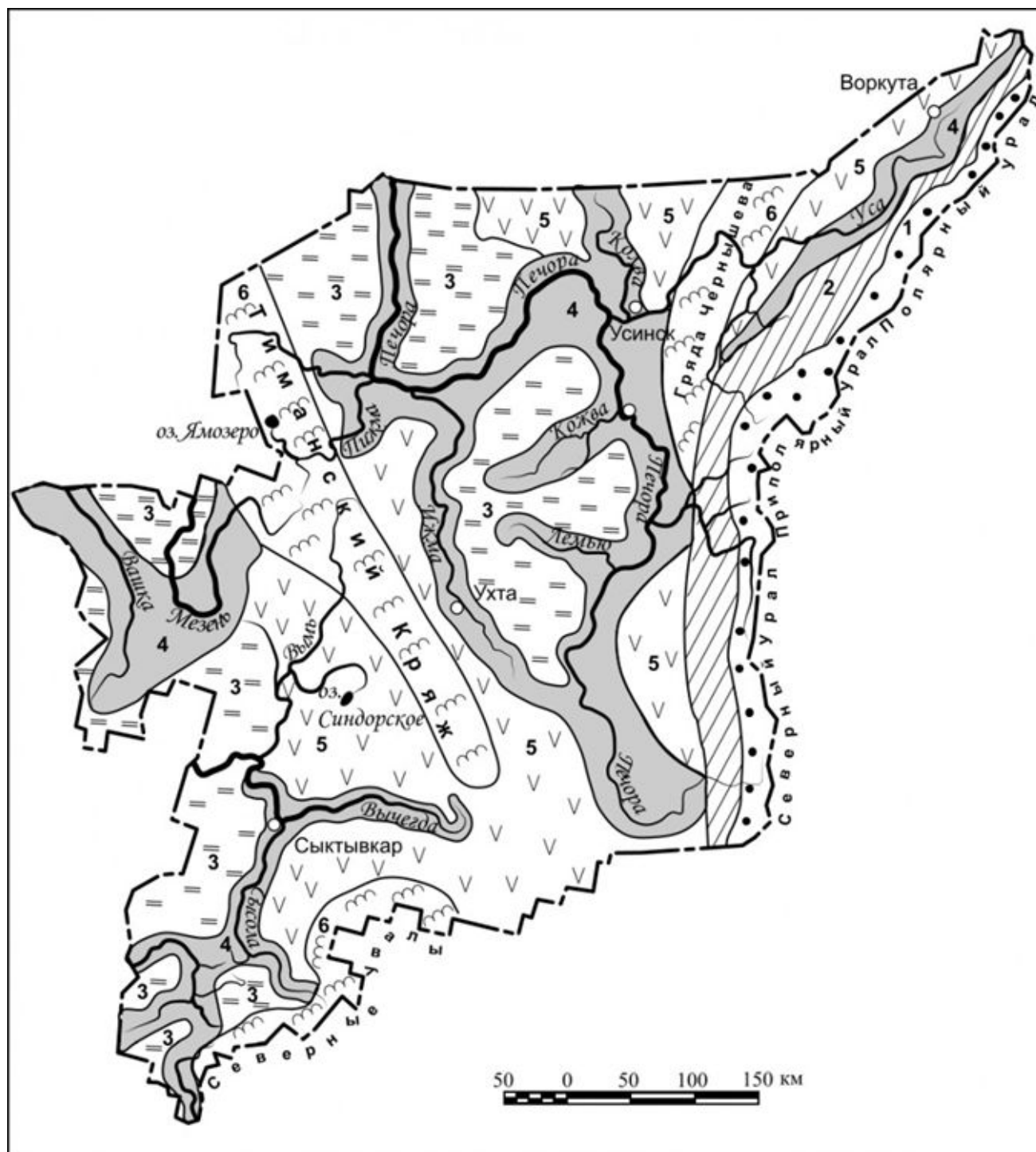


Рис. 2. Карта-схема гидроландшафтного деления территории Республики Коми, цифры на рисунке соответствуют следующим гидроландшафтам. 1. Горно-водораздельный (Северный, Приполярный и Полярный Урал). 2. Предгорно-озерно-речной (возвышенности Высокая Парма, Ыджидпарма и др.). 3. Низменно-болотно-водораздельный (характеризует большие заболоченные пространства, такие как болото Океан). 4. Низменно-болотно-междуречный (широко распространенный гидроландшафт, вытянутый вдоль пойм рек Печоры, Мезени, Вашки, Вычегды, Летки и др.). 5. Низменно-болотно-озерный (заболоченные территории Печорской низменности). 6. Грядово-водораздельно-речной (Тиманский кряж: Косминский Камень, Четласский Камень; гряда Чернышева, Северные Увалы)

Fig. 2. Map-scheme of the hydro-landscape division of the territory of the Komi Republic, the numbers in the picture correspond to the following hydro-landscapes. 1. Mountain-watershed (Northern, Subpolar and Polar Urals). 2. Foothill-lake-river (High Parma and Ydzhidparma hills). 3. Lowland-swamp-watershed (characterizes large swampy areas, such as the Ocean swamp). 4. Lowland-swamp-interfluvial (widespread hydro-landscape stretched along the floodplains of the Pechora, Mezen, Vashke, Vychegda, Letka, etc. rivers). 5. Lowland-marsh-lake (wetlands of the Pechora lowland), 6. Ridge-watershed-river (Timan Ridge: Kosminsky stone, Chetlassky stone; Chernyshev Ridge, Northern Uvaly)

развитие личинок. Типичный для тундры комар *A. hexodontus* Dyar, 1916 в условиях горных тундр выступает в роли эдификатора. В условиях данного гидроландшафта выявлено 11 видов двух родов *Aedes* и *Culiseta*: *Aedes communis* (De Geer, 1776), *A. diantaeus* Howard, Dyar et Knab, 1913, *A. hexodontus* Dyar, 1916, *A. euedes* Howard, Dyar et Knab, 1913, *A. excrucians* (Walker, 1856), *A. intrudens*

Dyar, 1919, *A. nigripes* (Zetterstedt, 1838), *A. pullatus* (Coquillett, 1904), *A. punctor* (Kirby, 1837), *Culiseta alaskaensis* (Ludlow, 1906) и *C. bergrothi* (Edwards, 1921) (Панюкова, 2022). Из этого списка видов комаров эдификатор *A. punctor*, а видами-индикаторами служат редкие виды рода *Culiseta*: *C. alaskaensis* и *C. bergrothi*.



Рис. 3. Хребты Северного Урала (пример территории горно-водораздельного гидроландшафта)
Fig. 3. Ridges of the Northern Urals (example of the territory of the mountain-watershed hydro-landscape)

№ 2. Предгорно-озерно-речной (возвышенность Высокая Парма, возвышенность Ыджидпарма и др.) (рис. 4). Этот гидроландшафт характеризуется слабым естественным дренажем на предгорных участках, где формируются болота низинного и переходного типов. На возвышенных участках сток интенсивный, данная территория характеризуется средним естественным дренажем. Грунты твердые, разрушенные, сложного химического состава. Преобладающий тип почв – горные на возвышенностях и торфянистые и торфяные в понижениях. На возвышенных участках сток интенсивный. Преобладающим типом питания рек и озер служат ат-

мосферные осадки, приносимые западным переносом воздушных масс. Большинство осадков концентрируется в понижениях, где идет процесс заболачивания. Грунтовые воды также играют важную роль в питании рек и озер. Наибольшее количество запаса осадков в виде дождя и снега сосредоточено в условиях предгорий. Растительность данного гидроландшафта в основном представлена хвойными лесами (еловые с большим участием пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), сосны кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour)), кроме того, есть относительно большие массивы болот, преобладают апа-болота. Растения-индикаторы – сосна кедро-

вая (*Pinus sibirica*), нардосмия гладковатая (*Picea obovata* Ledeb). Растения-эдификаторы – пихта сибирская (*Abies sibirica*) и ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb). Видовой состав кровососущих комаров здесь значительно богаче, чем в горных условиях. В

данном гидроландшафте известно 22 вида комаров (Панюкова, Novakovskiy, 2021). К массовым отнесен *A. punctor*. Виды-индикаторы гидроландшафта – *Aedes cantans* (Meigen, 1818), *A. cyprius* Ludlow, 1920 и *Culex torrentium* Martini, 1925.



Рис. 4. Вид на долину р. Илыч, возвышенность Высокая Парма (пример предгорно-озерно-речного гидроландшафта)

Fig. 4. View of the Ilych river valley, Upland High Parma (an example of a foothill-lake-river hydro-landscape)

№ 3. Низменно-болотно-водораздельный (рис. 5). Характеризует большие заболоченные пространства в таежной зоне (болотные системы или комплексы Океан, Усинское, Мартюшевское и др.). Занимает низменные территории с массивами верховых и переходных болот, которые представлены в основном кустарничково-сфагновыми, грядово-мочажинными, грядово-мочажинно-озерковыми комплексами. Кроме того, большую территорию здесь занимают лесные сообщества, которые представлены хвойными, лиственными и смешанными лесами. В хвойных лесах основные лесообразующие породы – ель сибирская (*Picea obovata*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Лиственные и смешанные леса расположены в южной и центральной частях республики, из лиственных пород преобладают береза пу-

шистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и тополь дрожащий или осина (*Populus tremula* L.). Растения-индикаторы для данного гидроландшафта – морошка (*Rubus chamaemorus* L.), пушица (*Eriophorum vaginatum* L.) и шейцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.). Эдификаторы – сфагновые мхи и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Этот гидроландшафт характеризуется преимущественно слабо выраженным естественным дренажем. Основным типом водного питания рек служат атмосферные осадки и грунтовые воды. Грунты гидроландшафта хорошо просачиваемые, мягкие, пластичные, сложенные торфяниками (толщина торфа более 40 см). Преобладают торфяные почвы. На данной территории массово развиваются следующие виды комаров: *A. communis*, *A. diantaeus*, *A. pullatus* и *A. punctor*. Из ука-

занных видов на верховых торфяно-сфагновых болотах преобладает ранневесенний *A. punctor*, он отнесен к эдификатору данного гидроландшафта. Болота служат местом развития преимагинальных стадий комаров ранневесенних видов в период интенсивно-

го таяния снега. При этом на болотах видовое разнообразие комаров ограничивается условиями высокой кислотности водной среды. Индикатором данной территории служит редкий вид комара *Aedes nigrinus* (Eckstein, 1918).



Рис. 5. Болотно-лесной комплекс (пример низменно-болотно-водораздельного гидроландшафта). Болото Океан

Fig. 5. Swamp-forest complex (an example of a lowland-swamp-watershed hydro-landscape). The Ocean swamp

№ 4. Низменно-болотно-междуречный (рис. 6). Отмечен для таежной и тундровой зон. Он характеризуется низменным плоско-слабонаклонным рельефом, избыточным увлажнением, атмосферным и грунтовым водным питанием территории. Почвы аллювиальные, пойменные на мягких грунтах, сложенных преимущественно песками. Растительность представлена различными типами лесов (хвойные смешанные), болот (кроме верховых и переходных в долинах рек есть небольшие участки низинных и ключевых), в пойме крупных рек расположены луга, особенно в пойме р. Печора. Гидроландшафт, протягиваясь во всех направлениях, занимает долины и надпойменные террасы крупных рек. Длительное время микро-

доемы, в которых возможно развитие комаров, полноводны в низких участках пойм рек, тогда как на хорошо дренируемых склонах и террасах рек они быстро пересыхают. Значительное количество осадков при недостатке тепла и низменном рельефе является одной из причин интенсивного заболачивания в междуречьях и поймах рек. Низменно-болотно-междуречный гидроландшафт занимает территории долин крупных рек европейского северо-востока России. Нами проведены сборы комаров в поймах рек Печоры, Мезени, Вычегды, Сысолы и Лузы. Наиболее распространенными на территории гидроландшафта являются пойменные и суходольные луга, а также ивняки в поймах рек. Растения-индикаторы в данном типе

гидроландшафта – различные виды пушицы (род *Eriophorum* L.), подбел узколистный (*Andromeda polifolia*), белокопытник ложный (*Petasites spurius* (Retz.) Reichenb.), очеретник белый (*Rhynchospora alba* (L.) Vahl) (редкий вид, занесен в Красную книгу РК), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.). Растения-эдификаторы – ель (*Picea obovata*), сосна (*Pinus sylvestris*), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), зеленомошные мхи. Значительное количество осадков при недостатке тепла и низменном рельефе способствует интенсивному заболачиванию в междуречьях. Массовые виды кровососущих комаров в низменно-болотно-междуречном гидроландшафте РК *Aedes cinereus* Meigen, 1818, *A. excrucians* и *A. punctor*. Эта группа эвритопных видов характеризуется приуроченностью к переувлажненным территориям. Для низменно-болотно-междуречного гидроландшафта РК отмечены 38 видов комаров семейства Culicidae, наибольшее число видов для территории республики. Из них эвритопны *Aedes cantans*, *A. cataphylla* (Dyar, 1916), *A. communis*, *A. diantaeus*, *A. leucomelas* (Meigen, 1804), *A. pullatus*, *A. punctor*, *A. cinereus* и *Anopheles messeae* Falleroni, 1926. Встречаются только в этом гидроландшафте стенотопные теплолюбивые *Coquillettidia richiardii* Ficalbi, 1889 и *Anopheles claviger* (Meigen, 1804). Этим двум видам необходимы непромерзающие в зимний период водоемы, т. к. они зимуют на стадии личинки, такие водоемы имеются только в подзоне южной тайги данного типа гидроландшафта. К стенотопным видам (видам-индикаторам), которые обитают в условиях низменных заболоченностей, относятся *A. riparius* Dyar et Knab, 1907, *Anopheles beklemishevi* Stegny et Kabanova, 1976 и *Culex territans* Walker, 1856. По сборам личинок известны виды-индикаторы: *Aedes vexans* (Meigen, 1830), *A. flavescens* (Muller, 1764) и *Culex pipiens* Linnaeus, 1758. В целом для территории РК в низменно-болотно-междуречном гидроландшафте отмечается наибольшее видовое разнообразие кровососущих комаров. На территории данного гидроландшафта может быть найден недавно описанный вид малярийного комара *Anopheles dacica* Linton, Nicolescu end Harbach, 2004, который обнаружен в близких условиях на территории Кировской области (Панюкова и др., 2020). В низменно-болотно-междуречном гидроландшафте возможны находки редких видов родов *Aedes* и *Culiseta*. Наиболее благоприятен для развития комаров период весеннего половодья и высокой воды на реках.

Только в этом гидроландшафте возможны не прогнозируемые всплески численности комаров, связанные с речными процессами (половодье рек, затопление долин после ливневых дождей).

№ 5. Низменно-болотно-озерный (рис. 7). Преобладает в тундровой зоне (Большеземельская и Малоземельская тундры) и включает обширные заболоченные участки Печорской низменности в таежной зоне. Дренаж слабый на всей территории гидроландшафта. В тундровой зоне распространены мерзлотные почвы с труднопросачиваемыми мерзлыми грунтами. В таежной зоне – почвы болотные торфянистые на хорошо просачиваемых грунтах. Питание рек смешанное (снеговое, дождевое). В тундровой зоне преобладают мерзлотные тундрово-глеевые почвы, по долинам рек идут интенсивные процессы торфонакопления, здесь почвы торфяные и торфянистые мерзлотные. В таежной зоне почвы торфяные и торфянистые на возвышенных участках верховых болот. Растительность (фитоценозы) представлена кустарничковыми, ивняковыми, моховыми и лишайниковыми тундрами, по долинам рек на север заходят березовые и еловые редколесья. Растения-индикаторы – сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) и вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.). Растения-эдификаторы – сфагновые мхи, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и ивы (род *Salix* L.). Преобладают комары видов *A. communis*, *A. diantaeus* и *A. intrudens*. Видом-эдификатором служит ранневесенний *A. punctor*. Вид-индикатор – комар *A. cataphylla*.

№ 6. Грядово-водораздельно-речной (Косминский Камень, Четласский Камень, Тиманский кряж, гряда Чернышева, Северные Увалы) (рис. 8). Дренаж данной территории интенсивный, грунты различные, но в основном труднопросачиваемые, способствуют интенсивному стоку. Реки полноводные с различными типами питания. В пределах Тиманского кряжа основным типом растительности являются леса различного состава, но чаще всего еловые, характерно присутствие лиственницы сибирской в лесных фитоценозах. На Северных Увалах обычны смешанные (вторичные) и сосновые леса. Растение-индикатор – нарциссия гладковатая (*Petasites radiatus*). Растение-эдификатор – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb). Видовой состав комаров в условиях этих территорий включает преобладающих по численности: *A. pullatus*, *A. punctor*, *A. communis* и *A. intrudens*. Видом-индикатором служит комар *A. intrudens*.



Рис. 6. Болотно-лесной комплекс низменно-болотно-междуречного гидроландшафта
Fig. 6. Swamp-forest complex of lowland-swamp-interfluve hydro-landscape



Рис. 7. Большеземельская тундра (низменно-болотно-озерный гидроландшафт)
Fig. 7. Bolshezemelskaya tundra (lowland-swamp-lake hydro-landscape)



Рис. 8. Тиманский кряж (грядово-водораздельно-речной гидроландшафт)
Fig. 8. Timan Ridge (ridge-watershed-river hydro-landscape)

Обсуждение

В результате совмещенного анализа карт, ландшафтных схем и фотоснимков нами выделены гидроландшафтные природные комплексы (гидроландшафты). Сравнение видовых списков с ранее исследованными фаунами гидроландшафтов позволило прогнозировать видовое богатство кровососущих комаров на изучаемой территории с указанием ядра преобладающих по численности видов. Исследование современного состояния природных ландшафтов в сравнении с имеющимися картографическими материалами позволит отслеживать появляющиеся изменения и прогнозировать дальнейшее развитие природных биоценозов. Состав видов кровососущих комаров меняется в зависимости от условий гидроландшафтов. Кровососущий комар как компонент биоценоза присутствует на северных территориях. Соотношение видов-эдификаторов и видов-индикаторов в составе комплекса видов комаров характеризует особенность условий гидроландшафта. По набору факторов среды можно прогнозировать видовой состав и виды-эдификаторы

гидроландшафта, в т. ч. эпидемиологически опасные, такие как малярийные комары или вид *Aedes cinereus* (основной переносчик туляремии на севере). Выделение гидроландшафтов – результат комплексной характеристики территории, который показывает потенциальные возможности для обитания на ней определенных видов кровососущих комаров, которые получают преимущества перед другими видами в конкретных условиях. Гидроландшафтное районирование имеет значение для оценки степени стабильности биогеоценоза при годовых колебаниях температуры воздуха и количества выпадающих осадков. Поскольку влагооборот и температурные условия являются доминирующими факторами, влияющими на распространение кровососущих комаров, можно утверждать, что и численность популяций Culicidae будет подвержена различным колебаниям в зависимости от особенностей гидроландшафтов. Так, в засушливые или, напротив, дождливые годы, в снежные или малоснежные зимы запасы воды на территориях гидроландшафтов будут изменяться в зависимости от просачиваемости грунтов, особенностей рельефа, видового

состава растительности и наличия гидро-объектов. Равнинные гидроландшафты (№ 3 низменно-болотно-водораздельный, № 4 низменно-болотно-междуречный, № 5 низменно-болотно-озерный) лучше сохраняют запасы влаги в засушливые годы, чем горные гидроландшафты. Таким образом, при низком годовом количестве осадков (мало-снежной зиме и засушливом лете) численность популяций кровососущих комаров на равнинных территориях будет выше, чем в горах, максимально высокая численность сохранится в низменно-болотно-озерном (№ 5) гидроландшафте.

Заключение

В работе представлена схема районирования территории РК на основе концепции гидроландшафтов и анализа распределения экологических групп кровососущих комаров (Diptera: Culicidae). В результате многолетних маршрутных и стационарных исследований 2005–2021 гг. выделены 6 типов гидроландшафтов. Из них 3 характеризуют горные и возвышенные территории Уральской горной страны (горно-водораздельный, предгорно-озерно-речной и грядово-водораздельно-речной), а 3 гидроландшафта отнесены к равнинным территориям Восточно-Европейской платформы (низменно-болотно-во-

дораздельный, низменно-болотно-междуречный и низменно-болотно-озерный). Равнинные гидроландшафты занимают большую часть территории РК. Здесь возможны находки видов, расширяющих свои границы распространения, а также новых видов комаров, которые будут еще описаны в результате развивающихся генетических и цитогенетических исследований. Нами уже были высказаны прогнозы о видовом богатстве кровососущих комаров на неисследованных участках на примере особо охраняемых природных территорий РК (Панюкова, Канев, 2014), которые нашли подтверждение в результате специальных исследований (Панюкова, 2022). Районирование территорий имеет важное практическое значение для оценки степени стабильности условий при климатических изменениях. Результаты гидроландшафтных исследований можно применять при расчете экологических и эпидемиологических рисков, прогнозировании видового состава кровососущих комаров в труднодоступных районах. Гидроландшафтный метод позволит выявить степень устойчивости экосистем при изменениях, вызванных различными антропогенными факторами, и предотвратить их последствия (Обоснование..., 2022).

Библиография

- Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. Основы теории и логико-математические методы . М.: Мысль, 1975. 287 с.
- Атлас Коми Автономной Советской Социалистической Республики . М.: ГУГК, 1964. 112 с.
- Атлас Республики Коми по климату и гидрологии . М.: Дрофа, 1997. 115 с.
- Атлас почв Республики Коми . Сыктывкар: ООО Коми республиканская типография, 2010. 356 с.
- Атлас Республики Коми . М.: Феория, 2011. 448 с.
- Голуб В. Б., Цуриков М. Н., Прокин А. А. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала . Изд. 2. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. 358 с.
- Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Комары (Семейство Culicidae). Фауна СССР. Насекомые двукрылые . Л.: Наука, 1970. 384 с.
- Залеская С. И. Использование геоинформационных технологий в управлении особо охраняемыми природными территориями Республики Коми // Современные технологии в деятельности ООПТ: Материалы международной научно-практической конференции (тезисы). Нарочь: Беларусь, 2014. С. 35–36.
- Ильчуков С. В. Ландшафты Республики Коми / Под ред. В. И. Силина. Екатеринбург: УрО РАН, 2010. 200 с.
- Коломыц Э. Г. Экспериментальная географическая экология. Записки географа-натуралиста . М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. 716 с.
- Медведев С. Г., Лобанов А. Л., Лянгузов И. А., Кункова Е. В. Обработка информации средствами баз данных в фаунистических и таксономических исследованиях // Энтомологическое обозрение. 2004. Т. 83, № 4. С. 798–827.
- Медведев С. Г., Панюкова Е. В. Ландшафтные особенности распространения комаров сем. Culicidae (Diptera) в Новгородской области // Энтомологическое обозрение. 2005. Т. 84, № 4. С. 776–805.
- Панюкова Е. В. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) Новгородской области (фауна и экология) : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2005. 23 с.
- Панюкова Е. В. Первые сведения о кровососущих комарах (Diptera: Culicidae) Национального парка «Югыд ва» (Республика Коми, Приполярный Урал) // Паразитология. 2022. Т. 56, № 3. С.

179–187. DOI: 10.31857/S0031184722030012.

- Панюкова Е. В., Канев В. А. Прогноз видового разнообразия кровососущих комаров на охраняемых территориях Республики Коми // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 20-летию государственного природного заповедника «Нургуш». Киров, 2014. С. 100–104.
- Панюкова Е. В., Пестов С. В., Мади Е. Г. Информационная система по насекомым комплекса гнуса Северо-Востока европейской части России // Паразитология. 2014. Т. 48, № 1. С. 71–75.
- Панюкова Е. В., Целищева Л. Г., Пестов С. В., Колесникова А. А., Бакка С. В., Шарахова М. В. Фауна и экология кровососущих комаров (Diptera: Culicidae) государственного природного заповедника «Нургуш» Кировской области // Паразитология. 2020. Т. 54, № 4. С. 322–340.
- Обоснование потенциальных рисков размещения полигона твердых коммунальных отходов / В. В. Елсаков, Е. М. Лаптева, М. И. Василевич, Е. В. Габова, Д. А. Каверин, С. К. Кочанов, Е. В. Панюкова, Т. П. Митюшева, Т. Н. Пыстина, Н. А. Семенова, Т. В. Тихонова // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 72–79. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079.
- Тютюнник Ю. Г. Ландшафтная энтомология: предмет исследования, становление // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 5. С. 34–43.
- Флора северо-востока европейской части СССР / Под ред. А. И. Толмачева. Т. I. Л.: Наука, 1974. 273 с.
- Флора северо-востока европейской части СССР / Под ред. А. И. Толмачева. Т. II. Л.: Наука, 1976а. 315 с.
- Флора северо-востока европейской части СССР / Под ред. А. И. Толмачева. Т. III. Л.: Наука, 1976б. 293 с.
- Флора северо-востока европейской части СССР / Под ред. А. И. Толмачева. Т. IV. Л.: Наука, 1977. 312 с.
- Шарков А. А., Лутта А. С. Влияние ландшафта и климата на распространение кровососущих комаров Мурманской области // Паразитология. 1977. Т. 11, № 4. С. 333–339.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M., Kaiser A. Mosquitoes and their control. Second Edition. Springer / Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2010. 577 p.
- Panyukova E. V., Novakovskiy A. B. The Complexes of Mosquito Species (Diptera: Culicidae) at the Yaksha Site of the Pechora-Ilych Nature Reserve in the Komi Republic // Entomological Review. 2021. Vol. 101, № 2. P. 1–10. DOI: 10.1134/S0013873821020068.

Благодарности

Авторы благодарят Е. К. Роговцову за помощь в оформлении картографических материалов. Исследования Е. В. Панюковой выполнены в рамках государственного задания Института биологии Коми ФИЦ УРО РАН «Разнообразие фауны и пространственно-экологическая структура животного населения европейского северо-востока России и сопредельных территорий в условиях изменения окружающей среды и хозяйственного освоения» № 122040600025-2. Исследования В. А. Канева проведены в ходе выполнения темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УРО РАН «Оценка эколого-ценотического, видового и популяционного разнообразия растительного мира ключевых особо охраняемых природных территорий Республики Коми», № государственной регистрации 1021051101424-8-1.6.11;1.6.19;1.6.20.

LANDSCAPE FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BLOOD-SUCKING MOSQUITOES (DIPTERA: CULICIDAE) IN THE KOMI REPUBLIC

PANYUKOVA
Elena Viktorovna

*PhD, Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IB FRC Komi SC UB RAS),
panyukova_lena@mail.ru*

KANEV
Vladimir Alekseevich

*PhD, Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IB FRC Komi SC UB RAS),
kanev@ib.komisc.ru*

Keywords:

blood-sucking
mosquitoes
Komi Republic
hydro-landscapes
Ural Mountains
landscape entomology

Summary: The article deals with the study of natural complexes with uniform conditions affecting the development and settlement of mosquitoes, which are called hydro-landscapes. The scheme of hydro-landscape zoning of the territory of the Komi Republic is presented on the basis of the concept of hydro-landscapes developed earlier for the Novgorod region (Medvedev, Panyukova, 2005). The principles for the allocation of hydro-landscapes combine climatic, landscape-hydrological and biological characteristics of natural-territorial complexes. As a result of long-term (2005–2021) route and stationary studies of the fauna and ecology of blood-sucking mosquitoes (Diptera: Culicidae) and the peculiarities of their habitat factors in landscape conditions, we identified six types of hydro-landscapes for the territory of the Komi Republic. Three of them characterize the mountainous and elevated territories of the Ural mountain country: mountain-watershed, piedmont-lake-river and ridge-watershed-river. Three hydro-landscapes are assigned to the flat territories of the Eastern European Platform: lowland-swamp-watershed; lowland-swamp-interstream and lowland-swamp-lake. The addition to the hydro landscape method is the selection of types of edifiers and indicators. For each type of hydro-landscape, mass species of blood-sucking mosquitoes and plant species are indicated as edifying species that determine the nature of the biocenosis with the most favorable environmental conditions for them. Blood-sucking mosquitoes and plants are also identified as indicator species of the hydro-landscape. These include rare or vulnerable plant species and blood-sucking mosquitoes, for which environmental factors limit their development or settlement in these conditions. The results of hydro-landscape studies can be used in calculating environmental and epidemiological risks; forecasting the species composition of blood-sucking mosquitoes in hard-to-reach areas. The hydro landscape method can be used to identify the degree of stability of ecosystems under changes caused by various anthropogenic factors.

Reviewer: M. I. Gordeev

Received on: 10 April 2023

Published on: 09 June 2023

References

- Armand D. L. Landscape science. Basis of the theory and logico-mathematical methods. M.: Mysl', 1975. 287 p.
- Atlas of the Komi ASSR. M.: GUGK, 1964. 112 p.
- Atlas of the Komi Republic on climate and hydrology. M.: Drofa, 1997. 115 p.
- Atlas of the Komi Republic. M.: Feoriya, 2011. 448 p.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Dahl C., Madon M., Kaiser A. Mosquitoes and their control. Second Edition. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, 2010. 577 p.
- Cherepanov S. K. Vascular plants of Russia and neighboring states. SPb.: Mir i sem'ya, 1995. 992 p.
- Flora of the North-East of the European part of the USSR, Pod red. A. I. Tolmacheva. T. I. L.: Nauka, 1974. 273 p.
- Flora of the North-East of the European part of the USSR, Pod red. A. I. Tolmacheva. T. II. L.: Nauka, 1976a.

- 315 p.
- Flora of the North-East of the European part of the USSR, Pod red. A. I. Tolmacheva. T. III. L.: Nauka, 1976b. 293 p.
- Flora of the North-East of the European part of the USSR, Pod red. A. I. Tolmacheva. T. IV. L.: Nauka, 1977. 312 p.
- Golub V. B. Curikov M. N. Prokin A. A. Collections of insects: collecting, processing and storage. Izd. 2. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2021. 358 p.
- Gucevich A. V. Monchadskiy A. S. Shtakel'berg A. A. SR. Mosquitoes (Family Culicidae). Fauna of the USSR. Diptera insects. L.: Nauka, 1970. 384 p.
- Il'chukov S. V. Landscapes of the Komi Republic, Pod red. V. I. Silina. Ekaterinburg: UrO RAN, 2010. 200 p.
- Kolomyc E. G. Experimental geographical ecology. Notes of a geographer-naturalist. M.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2018. 716 p.
- Medvedev S. G. Lobanov A. L. Lyanguzov I. A. Kunkova E. V. Data processing by means of databases in faunistic and taxonomic studies, *Entomologicheskoe obozrenie*. 2004. T. 83, No. 4. P. 798–827.
- Medvedev S. G. Panyukova E. V. Landscape features of the distribution of mosquitoes of the fam. Culicidae (Diptera) in the Novgorod Region, *Entomologicheskoe obozrenie*. 2005. T. 84, No. 4. P. 776–805.
- Panyukova E. V. Celischeva L. G. Pestov S. V. Kolesnikova A. A. Bakka S. V. Sharahova M. V. Fauna and ecology of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Nurgush Nature Reserve of the Kirov region, *Parazitologiya*. 2020. T. 54, No. 4. P. 322–340.
- Panyukova E. V. Kanev V. A. Prediction of species diversity of mosquitoes in protected areas of the Komi Republic, *Nauchnye issledovaniya kak osnova ohrany prirodnyh kompleksov zapovednikov: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoy 20-letiyu gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Nurgush»*. Kirov, 2014. P. 100–104.
- Panyukova E. V. Pestov S. V. Madi E. G. Information system on insects of the midge complex of the North-East of the European part of Russia, *Parazitologiya*. 2014. T. 48, No. 1. P. 71–75.
- Panyukova E. V. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of the Novgorod region (fauna and ecology): Avtoref. dip. ... kand. biol. nauk. Syktyvkar, 2005. 23 p.
- Panyukova E. V. The first information about mosquitoes (Diptera: Culicidae) of the Yugyd Va National Park (Komi Republic, Subpolar Urals), *Parazitologiya*. 2022. T. 56, No. 3. P. 179–187. DOI: 10.31857/S0031184722030012.
- Panyukova E. V., Novakovskiy A. B. The Complexes of Mosquito Species (Diptera: Culicidae) at the Yaksha Site of the Pechora-Ilych Nature Reserve in the Komi Republic, *Entomological Review*. 2021. Vol. 101, No. 2. P. 1–10. DOI: 10.1134/S0013873821020068.
- Sharkov A. A. Lutta A. S. The influence of landscape and climate on the distribution of mosquitoes in the Murmansk region, *Parazitologiya*. 1977. T. 11, No. 4. P. 333–339.
- Soil Atlas of the Komi Republic. Syktyvkar: OOO Komi respublikanskaya tipografiya, 2010. 356 p.
- Substantiation of the potential risks of placing a municipal solid waste landfill, V. V. Elsakov, E. M. Lapteva, M. I. Vasilevich, E. V. Gabova, D. A. Kaverin, P. K. Kochanov, E. V. Panyukova, T. P. Mityusheva, T. N. Pystina, N. A. Semenova, T. V. Tihonova, *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2022. No. 4. P. 72–79. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079.
- Tyutyunnik Yu. G. Landscape entomology: the subject of research, formation, *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2009. No. 5. P. 34–43.
- Zalesskaya S. I. The use of geoinformation technologies in the management of specially protected natural areas of the Komi Republic, *Sovremennye tehnologii v deyatel'nosti OOPT: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii (tezisy)*. Naroch': Belarus', 2014. P. 35–36.