

# ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАСЕКОМЫХ В АРКТИКЕ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

**Барыбкина Мария Николаевна**

Кандидат биологических наук, Московский  
государственный университет имени М.В. Ломоносова  
kved@list.ru

## FEATURES OF INSECT DISTRIBUTION IN THE ARCTIC UNDER CLIMATIC TRANSFORMATIONS

**M. Barybkina**

*Summary.* The Arctic zone of Russia possesses enormous reserves of mineral resources. Climate change has led to a transformation of the usual air mass routes, amplified the greenhouse effect due to the thawing of permafrost and the release of methane, and Arctic territories are shrinking due to glacier melting and coastal erosion. This affects both the economic and environmental situation in Russia and causes irreparable damage to the Arctic biosphere. The degradation of ecosystems due to rapid climate change contributes to increased vegetation productivity and the «greening» of the Arctic. Such processes have a negative impact on the habitat of Arctic flora and fauna of many species. Over the past 10 years, a regulatory framework for the development of the Arctic region has been established, and the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation until 2035 has been adopted. Following the adopted decisions, it is now necessary to improve the network of protected areas of various profiles not only on land but also at sea, particularly in Novaya Zemlya, Vaigach, the Bolshezemelskaya tundra, Yamalo-Nenets, and Chukotka, as well as to begin organizing protected marine areas in the Barents and Kara seas. Soon, the development of natural resources in the Arctic region is expected to become an important direction of Russia's state policy.

*Keywords:* Arctic zone of Russia, climate, greenhouse effect, global warming, «greening», arctic fauna, insects, greenhouse gases, territory pollution, natural resources, protected areas, state policy.

*Аннотация.* Арктическая зона России располагает огромными запасами полезных ископаемых. Изменение климата привело к трансформации привычных маршрутов воздушных масс, усилило парниковый эффект из-за таяния вечной мерзлоты и выделения метана, арктические территории сокращаются из-за таяния ледников и береговой эрозии. Это влияет как на экономическую, так и на экологическую ситуацию в России и наносит непоправимый ущерб арктической биосфере. Деградация экосистем из-за быстрого изменения климата, способствует увеличению продуктивности растительности, «озеленению» Арктики. Подобные процессы оказывают негативное влияние на среду обитания арктической флоры и фауны многих видов. За последние 10 лет создана нормативная база развития Арктического региона, принята Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации на период до 2035 года. Следуя принятым решениям, в настоящее время необходимо совершенствовать сеть заповедных территорий различного профиля не только на суше, но и на море, в частности на Новой Земле, Вайгаче, в Большеземельской тундре, на Ямале, Чукотке, необходимо приступить к организации охраняемых акваторий в Баренцевом и Карском морях. В ближайшем будущем освоение природных ресурсов арктического региона должно стать важным направлением государственной политики России.

*Ключевые слова:* Арктическая зона России, климат, парниковый эффект, глобальное потепление, «озеленение», арктическая фауна, насекомые, парниковые газы, загрязнение территории, природные ресурсы, охраняемые территории, государственная политика.

## Введение

Арктика — единственная физико-географическая область на Земле, граничащая с Северным полюсом и включающая окраины материков Евразии и Северной Америки, почти весь Северный Ледовитый океан с островами, а также прилегающие части Атлантического и Тихого океанов. Южная граница Арктики совпадает с южной границей тундровой зоны. Площадь Арктики насчитывает около 27 млн км<sup>2</sup>. Площадь российского сектора Арктики около 9 млн км<sup>2</sup> (из них 6,8 млн км<sup>2</sup> — морская акватория).

Российский сектор включает в себя основные участки материковой тундры, не покрытые ледниками, девять морей и значительную часть глубоководного бассейна

Северного Ледовитого океана. На материке и на островах в значительном долготном и широтном диапазоне четко выражены ландшафтно-зональные категории: переходная лесотундра, тундровая зона с подзонами южных, типичных и арктических тундр, зона полярных пустынь, преимущественно островной природы, а также их высокогорные аналоги на прилегающих территориях [1, с. 337].

В настоящее время важнейшей задачей арктических исследований является оценка состояния биоразнообразия. К ним относятся таксономические исследования, описания новых видов и других таксонов, составление флористических списков, номенклатуры и классификации форм биогеографической и биоценологической организации жизни, их картирование и создание баз данных.

Эта информация считается необходимой основой для разработки принципов и технологий сохранения и восстановления различных форм организации жизни во всем их многообразии [2, с. 25].

Современные исследования биоразнообразия Арктики охватывают многие аспекты организации биоты. Их можно сгруппировать следующим образом:

- Инвентаризация таксономического состава арктической биоты и создание баз данных по различным группам организмов зонального и регионального масштаба;
- Классификация экологического разнообразия органического мира Арктики, создание систем жизненных форм, адаптивных типов и стратегий в экстремальных условиях;
- Типология ценотических комплексов, растительного покрова и экосистем с учетом зональной и субзональной структуры Арктики; экологическое картографирование тундровой зоны и вод Северного Ледовитого океана;
- Биотогенез; происхождение, эволюция, климатогенные и антропогенные изменения флоры, фауны и экосистем Арктики, а также в связи с проблемой прогнозирования результатов глобальных изменений и последствий различных форм человеческой деятельности;
- Структура, устойчивость и динамика сообществ и экосистем Арктики: особенности механизмов их регулирования в условиях прогрессирующего сокращения биоразнообразия;
- Популяционная экология: абиотические, внутривидовые и ценотические механизмы устойчивости и регуляции динамики популяций, в том числе в связи с проблемами антропогенного воздействия и хозяйственного использования;
- Проблема внутривидового разнообразия в экстремальных условиях при низком видовом богатстве;
- Проблемы восстановления и обогащения компонентов арктического биоразнообразия: биоэкологические и адаптивно-физиологические принципы;
- Научные принципы охраны природы в высоких широтах [2, с. 12].

#### **Научные исследования биоразнообразия Российской Арктики**

Ведущую роль в изучении арктической биоты принадлежит следующим научно-исследовательским организациям и институтам РАН:

- Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН;
- Зоологический институт РАН;
- Мурманский морской биологический институт КМЦ РАН;

- Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН;
- Институт экологии растений и животных Уральского отделения РАН;
- Институт экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН;
- Институт географии РАН;
- Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН;
- Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН;
- Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН;
- Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН;
- Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН;
- Кольский научный центр РАН;
- Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова;
- Заповедник «Остров Врангеля»;
- Природный заповедник «Озеро семи островов»;
- Заповедник «Усть-Ленский»;
- «Таймырский» заповедник и др.

По результатам исследований различных аспектов биоразнообразия, особенно систематики живых организмов арктической зоны, Россия, безусловно, опережает все остальные страны вместе взятые. В Ботаническом институте В.Л. Комарова РАН специалисты проводят исследования по всем группам арктической флоры. Они разрабатывают систематику арктических растений, а также сложные проблемы северной флористики и фитоценологии. В институтах Уральского отделения и Сибирского отделения РАН работают многие первоклассные систематики и флористы по различным группам флоры и микофлоры [3].

В Зоологическом институте РАН работают специалисты по всем основным группам животных арктической фауны: млекопитающим, рыбам, различным группам пресноводных и морских беспозвоночных, насекомым, доминирующим в арктических комплексах.

В Институте экологии и эволюции А.Н. Северцова РАН работают высококвалифицированные специалисты в области систематики и экологии различных групп арктической фауны., в частности, по морским беспозвоночным, клещам, коллемболам, птицам, млекопитающим, в Институте экологии растений и животных УрО РАН — по млекопитающим, птицам, насекомым, на кафедрах МГУ — по различным группам беспозвоночных, в частности, по круглым червям, кольчатым червям и другим таксонам беспозвоночных, в Национальном научном центре морской биологии имени А.В. Жирмунского ДВО РАН — по ракообразным, немуртинам и щетинкочелюстным. Ряд научных коллективов готовят отчеты, содержа-

щие информацию, в том числе об арктической биоте, без специального изучения компонентов арктической фауны и флоры. В качестве примера можно привести большой коллектив энтомологов Института биологии и почвоведения Дальневосточного отделения РАН, составивший уникальный многотомный определитель насекомых Дальнего Востока.

Кольский научный центр Российской академии наук, отметивший в 2020 году свое 90-летие, является единственным в Российской Федерации академическим научным центром, расположенным за Полярным кругом и нацеленным на проведение арктических исследований. Он был основан в 1930 г. академиком А.Е. Ферсманом как Хибинская горная станция Академии наук СССР и исторически был первым региональным учреждением Академии наук. В настоящее время Кольский научный центр РАН объединяет 10 научных центров и институтов с общей численностью около 1300 человек. Ученые центра проводят исследования по широкому кругу проблем, связанных с изучением Российского Севера и Арктической зоны России [4, с. 7].

Сеть стационаров и опорных пунктов играет важную роль в развитии исследований арктического биоразнообразия. В отличие от США, где исследования в основном ведутся в небольшом количестве хорошо оснащенных и давно существующих лабораторий, в России уже давно подобные исследования осуществляются в экспедиционных условиях с участием ботаников, зоологов, почвоведов и микробиологов. Маршруты экспедиций охватывали обширные территории и водные объекты. Кроме того, с 1960-х годов интенсивно развиваются стационарные исследования в специально организованных базах в заповедниках и полярных станциях [5, с. 1447].

С тех пор Таймыр, остров Врангеля и юг Ямала стали модельными территориями, на которых проведены многочисленные флористические, фаунистические и популяционные исследования. Объем и разнообразие биологической информации, собранной в этих областях, сейчас беспрецедентны при сравнении уровня знаний о компонентах биологического разнообразия.

В настоящее время создана фактическая основа для баз данных по таксономическому и видовому разнообразию биоты российского сектора Арктики, которые смогли бы охватывать практически все основные таксоны классового ранга.

В то же время существование некоторых групп характеризуется слабым развитием отдельных таксонов или их арктических фракций. Это относится ко всем простейшим, к таким группам животных, как нематоды, некоторым семействам клещей и насекомым [6, с. 1157].

В настоящее время таксоны детально изучены и составлены полные списки видов для всей Арктики; есть большие сводки по евразийскому и американскому секторам. На уровне классов — это млекопитающие, птицы, рыбы, все группы иглокожих, кольчатые черви, двудольные и однодольные, печеночники.

Существуют списки видов и их описания для отдельных регионов. Некоторые группы таксонов арктической фауны изучены весьма неполно, а идентификация некоторых видов затруднена. К этим таксонам относится класс насекомых в целом и, в частности, отдельные его отряды, прежде всего *Lepidoptera*, *Diptera* и *Hymenoptera*, которым посвящено множество публикаций, однако ряд их крупных семейств в пределах арктической фауны всё еще очень мало изучен. В эту категорию входят ногохвостки, многие группы морской фауны, особенно ракообразные и улитки [6, с. 1160].

Уровень исследований в отдельных регионах Арктики также весьма неоднороден. Так, в морской части биоты еще недостаточно изучена фауна Восточно-Сибирского моря на фоне интенсивных и обширных исследований в водах Баренцева и частично Карского морей. Лишь в последнее время началась интенсивная обработка материалов по фауне моря Лаптевых. Северные пределы распространения морских животных, а также особенности видового состава сообществ и экологии гидробионтов в полярной части бассейна самых высоких широт изучены очень слабо.

Наиболее изучен состав наземной биоты на территориях Восточно-Европейского сектора, Южного Ямала, Таймыра, острова Врангеля и Чукотки. Но ряд важных территорий, таких как Гыданский полуостров и большая часть арктической Якутии, требуют организации специальных фаунистических и флористических исследований с привлечением профессиональных систематиков, флористов, фаунистов и биогеографов.

### Оценка биоразнообразия арктической фауны России

Исследования российских ученых последних лет позволяют оценить видовое богатство всего органического мира Арктики. Подсчет общего состава всех основных таксонов высших эукариот дает число около 25000 видов, а, возможно, и 26000. Это соответствует чуть более 1,0 % описанных видов современных организмов. По основным показателям общее видовое разнообразие распределяется следующим образом: грибы — 3000, водоросли — 2000, лишайники — 2000, высшие растения — 2700, простейшие — 1500, многоклеточные животные — 13000 [5, с. 1426].

Около половины, скорее всего, до 60 % видового богатства арктической биоты приходится на животных.

Из них 6000 — наземного базирования. Если экстраполировать данные на всю Арктику, морскую фауну можно оценить в 6000–7000 видов [5, с. 1414].

В высоких широтах доля насекомых в животном мире снижается. В мировой фауне они составляют 71 % описанных видов, в тропической зоне, вероятно, еще выше, в умеренной зоне, по данным для России, более 60 %, а в Арктике около 25 % [6, с. 1159].

Основной особенностью структуры арктической биоты является уменьшение доли наиболее развитых таксонов и появление относительно примитивных групп на передовых позициях по показателям адаптивности и разнообразия, что особенно ярко проявляется в ландшафтах высоких широт. Доля истинно арктических видов в фауне и флоре наиболее высока у наиболее продвинутых таксонов (20–40 %) [2, с. 22].

В результате анализа собранных данных установлено, что наземная фауна и биота в целом в Арктике (тундра, полярные пустыни) все больше обедняются по мере продвижения на север и полностью исчезают в ледяной зоне [6, с. 1162].

Современное обеднение арктической и северной биоты — результат ледниково-биотической катастрофы, уничтожившей биоту практически всей Арктики, кроме острова Врангеля, отдельных районов Чукотки и Аляски (Берингия), части Якутии и, возможно, севера Гренландии и Земли Элсмira, где, по-видимому, также существовали рефугиумы. Большинство видов сохранилось в депрессивных тундрах и гольцах (тундры в горах), откуда они распространялись вновь и вновь. В конечном итоге все это привело к резкому обеднению видового разнообразия живых организмов Арктики и Севера в целом и вымиранию узких эндемиков.

**Жуки, бабочки, шершни, шмели и клещи расширяют ареал обитания на север**

Доля большинства классов животных и растений, показавших наибольший успех в приспособлении к арктическим условиям, составляет от 0,3 до 3,0 %. Это — двудольные растения, насекомые, улитки, костистые рыбы, птицы и млекопитающие. Вместе с тем регистрируется относительное богатство нескольких крупных таксонов высшего уровня.

Среди насекомых лучше других сумел приспособиться к экстремальным холодам отряд *Diptera*, он занимал лидирующие позиции по числу видов. А семейства *Chironomidae* и *Tipulidae* особенно хорошо адаптированы в Антарктиде [7, с. 41; 8, с. 21].

По мере продвижения на север происходит постепенное обеднение фауны *Diptera-Brachycera*. Наблюда-

ется следующее распределение: северная тайга — 42 семейства, кустарниковая тундра — 32 семейства, тундра типичная — 26 семейств, арктическая тундра — 19 семейств, о. Врангеля — 16 семейств, и (возможно) о. Котельный — 6 семейств.

Среди крупных мух представителей подотряда *Brachycera* первыми исчезают *Asilidae*, *Bombyliidae*, *Sarcophagidae*, *Tephritidae* и др.; за редким исключением, в тундру они не проникают. Как показали сборы на острове Котельном (Новосибирские о-ва), из подотряда *Brachycera* наиболее приспособленными к условиям Высокой Арктики оказались семейства *Empididae*, *Piophilidae*, *Heleomyzidae*, *Scathophagidae*, *Muscidae* и *Calliphoridae*.

Аномальный характер носит фауна Шпицбергена и ее самая северная находка — *Scathophaga furcata* (Say) в Рат-фьорде. Этот вид обычно не встречается в высоких широтах Арктики, но обычен в типичной тундре и тайге.

Темпы биологического прогресса арктических членистоногих очень низкие, что соответствует их относительной примитивности внутри типа членистоногих. О резком увеличении доли арктических видов в высокоширотных ландшафтах свидетельствуют ногохвостки, которым, как и многим другим активным обитателям почв, свойственны обширные ареалы и полизональность [9, с. 382]. В полярных пустынях всех секторов отмечено 37 видов коллембол, из них 24 (65 %) широкоарктических, в том числе 12 (32 %) типичных эварктов. Однако наиболее характерной особенностью тундровой биоты в целом следует считать именно наличие неарктических (бореальных, политональных, бореально-горных и др.) видов.

Главной особенностью арктической биоты является не столько самый низкий уровень ее таксономического разнообразия, сколько резкое снижение численности таксономических групп в пределах Арктики на небольшой территории. Так, на Таймыре, где зональные арктические ландшафты наиболее выражены от лесотундры до северной границы тундровой зоны на общем расстоянии около 700 км, численность видов птиц в отдельных регионах сокращается в семь раз, а жужелиц — в 15 раз [10, с. 230].

*Coleoptera* (жуки) — самый крупный отряд насекомых, уступают место двукрылым при полном освоении среды обитания в арктических условиях. Жесткокрылые составляют примерно 13 % энтомофауны тундровой зоны, но несколько семейств жуков сохраняют значительное видовое разнообразие и важную роль в высоких широтах [11, с. 1319].

На основе оригинальных данных, литературных сведений и материалов инвентаризационного сбора, с ис-

пользованием экстраполяции и аналогий установлены особенности таксономического и экологического разнообразия подотрядов, триб и семейств жесткокрылых, широтная зона распространения и северные границы распространения видов. Проанализированы особенности адаптации и ценотических связей [12, с. 64; 13, с. 435].

### Влияние глобального потепления на состав арктической фауны

Из-за глобального потепления ареал насекомых-вредителей с каждым годом смещается дальше на север и их численность увеличивается.

Большой еловый короед *Ips typographus* — хорошо изученное насекомое, широко распространенное в хвойных лесах Евразии [14, с. 1317]. Большую часть своего жизненного цикла этот жук проводит в древесине ели, прогрызая длинные ходы под корой. Короеды обычно селятся на больных или полностью погибших деревьях. Однако если год особенно засушливый и теплый, жуков за сезон успевают вырасти вдвое больше, и они производят больше потомства. Необычайно большое количество насекомых в следующем году достигает половой зрелости и начинает атаковать не только ослабленные растения, но и здоровые.

Такой рост численности короедов произошел в России после аномально жаркого лета 2010 г.; эпидемия продолжалась до 2014 г. В Северной Европе наблюдается постоянный рост численности этих вредителей с 2018 г., а теплое лето 2021 г. спустя сезон превратилось в почти катастрофическую ситуацию [15, с. 36].

Теплое и сухое лето делает жуков плодовитыми, мягкая зима защищает их куколки, а на следующий год насекомые, приступив к размножению, производят еще больше потомства. И эта волна вредителей плавно движется севернее и севернее. Хотя в последние десятилетия короеды были редкостью на юге Финляндии, с 2018 г. они стали постоянной угрозой для хвойных лесов.

Стоит отметить, что, по расчетам ученых, в результате глобального потепления, леса Северной Европы сместятся на север, туда, где сегодня произрастают растения, характерные для тундровой зоны [16, с. 138]. Этот процесс известен по прошлым глобальным изменениям климата на Земле, когда короеды перемещались на север, где годовые температуры ограничивали их размножение на прежнем уровне [17].

За последнее десятилетие на севере было обнаружено множество южных видов насекомых и птиц, увеличились масштабы их миграции. Некоторые виды перемещаются на отдаленные арктические архипелаги с потоками теплого воздуха, например, бабочка-полифлора. В свою

очередь, сами арктические виды отступают на север, их ареалы сокращаются из-за потепления климата и разрушения вечной мерзлоты.

Остров Врангеля расположен на 71° северо-западной широты на границе Восточного и Западного полушарий и разделен на две почти равные части 180-м меридианом. Его преимущественно горная территория площадью 7670 км<sup>2</sup> относится к подзоне арктической тундры и входит в состав государственного природного заповедника «Остров Врангеля».

Начало изучению фауны шмелей (*Hymenoptera: Apidae, Bombus* Latr.) на острове Врангеля было положено полярниками Г.А. Ушаковым, А.И. Минеевым, А.Г. Ключе и Л.А. Портенко, которые в период с 1926 по 1939 гг. собрали не менее 86 экземпляров трех видов шмелей, находящихся сейчас в коллекциях Зоологического музея МГУ имени М.В. Ломоносова и Зоологического института РАН в г. Санкт-Петербурге [12, с. 69; 18, с. 1696; 19].

По итогам 2018–2020 гг. удалось идентифицировать на острове Врангеля посредством молекулярно-генетических исследований три арктических и евразийских вида шмелей: эндемичный подвид *B. glacialis marinae* Potapov et al., 2021, *B. (Alpinobombus) pyrhopygus* Friese, 1902 и *B. (A.) hyperboreus* Schönherr, 1809.

Ученые Федерального научно-исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН (Архангельск) продолжают проводить масштабные исследования шмелей, ареалом обитания которых является Российская Арктика [20, с. 1122].

Высокоширотные шмели, пожалуй, единственные опылители цветковых растений. Доля пчел в общей численности насекомых-опылителей в Арктике весьма невелика: чем севернее расположены районы, тем меньше пчел. Поэтому урожай морошки, брусники и черники в тундровых экосистемах напрямую зависит от состояния популяций шмелей. Виды арктических шмелей реагируют на изменения климата и погоды.

Остров Колгуев (Ненецкий автономный округ), расположенный в восточной части Баренцева моря, ранее был белым пятном на энтомологической карте России. В 2018–2022 гг. были собраны и исследованы молекулярно-генетическими методами многочисленные образцы насекомых-опылителей. По результатам инвентаризации фауны шмелей на о-ве Колгуев идентифицированы *Bombus lapponicus*, *B. pyrhopygus*, *B. balteatus* и *B. flavidus*, а также *B. jonellus*. Все они характерны для континентальной части ареала [21, с. 438; 22, с. 104].

На основе гена, кодирующего первую субъединицу фермента цитохром-с-оксидазы, установлены пути про-

исхождения фауны шмелей о-ва Колгуев. Исследования показали, что фауна шмелей — это молодая фауна послеледникового происхождения и скорее всего, такие шмели, появились на острове только в голоцене. Обнаруженные виды по геномным маркерам не отличаются от скандинавских и западносибирских популяций [19; 21, с. 435; 22, с. 107].

Шмели могут мигрировать на большие расстояния. Ширина Померанского пролива, отделяющего остров Колгуев от материка, составляет около 70 км. Однако это расстояние не представляет собой непреодолимого препятствия для насекомых. Имеются данные о том, что самки некоторых видов шмелей могут перелетать, например, из Нидерландов на Британские острова (около 475 км). Ранее энтомологи центра совместно с коллегами из других российских учреждений обнаружили популяции редкого ледникового шмеля *Bombus glacialis* на острове Врангеля и на Новой Земле.

Сотрудники Федерального научного центра комплексного изучения Арктики имени акад. Н.П. Лаверова Уральского отделения РАН обнаружили гнездо шершней в поселке Кеницы Архангельской области. Ученые связывают этот факт с глобальным потеплением.

Шершни — не единственные насекомые, расширяющие свой ареал на север Архангельской области. Ранее вдоль реки Койда был собран ряд видов арктических бабочек, которые либо ранее не встречались в Архангельской области, либо были известны по многолетним единичным находкам. Еще в 1906 г. в этом районе обнаружена бабочка-совка *Erebia disa* [23, с. 1370].

Недавно под Архангельском была замечена бабочка Голубая орденская лента *Catocala fraxini*. Экземпляры были собраны ночью в Приморском районе Архангельска. Обнаруженные в Архангельске бабочки были местными, так как яйца были отложены самками в прошлом сезоне. В результате можно сделать вывод, что с потеплением климата в северной части региона обитают более южные виды насекомых [16, с. 138; 17; 18, с. 1699].

#### Стратегии адаптации арктических видов насекомых

Особое значение имеет выявление роли различных форм адаптационных стратегий в экстремальных условиях Арктики. В результате многолетних наблюдений была предложена концепция преимуществ пассивно-толерантных стратегий по сравнению с активно-резистентными стратегиями [20, с. 1122; 21, с. 438]. Особенности «пассивных» стратегий — медленное, подчиненное тепловым условиям, длительное многолетнее развитие с низкой интенсивностью трофической деятельности, в ряде случаев выраженная детерминированность низ-

кого годового прироста с остановкой со значительным временным и температурным запасом, возможностью повторной зимовки одних и тех же особей или одних и тех же стадий. Они обнаружены у различных видов арктических насекомых — двукрылых, бабочек, жуков-листоедов.

Почему животные не замерзают в Арктике? Животные, в том числе многие насекомые, живут в суровых условиях Арктики и используют физиологический механизм холодовой адаптации, заключающийся в приспособлении к низким температурам двумя способами: либо переносить холод, либо избегать замерзания. Чтобы не переносить холод, большинство насекомых зимой впадают в спячку (диапаузу). На этом этапе их развитие приостанавливается. Кроме того, некоторые насекомые могут реагировать на холод, выделяя жидкость из своего тела. Хотя такие насекомые на некоторое время замерзают, никакого вреда их организму это не причиняет. Они «просыпаются» в конце зимы, когда начинает таять лед [24, с. 338].

Некоторые виды насекомых выделяют специальные соединения. Это, например, природный спирт глицерин, который действует на организм как антифриз. Иными словами, благодаря этим веществам насекомые, живущие в холодных условиях, могут переохладиться, но вода в их организме не превращается в лед [25].

#### Продвижение кровососущих членистоногих на север

В Арктическом регионе наиболее выражено постоянное повышение температуры окружающей среды. При этом увеличение температурных аномалий в полярных регионах в три раза превышает средние темпы глобального потепления. Такая же картина наблюдается в Арктической зоне Российской Федерации [26].

Под влиянием температурных факторов ареалы кровососущих комаров и клещей смещаются дальше на север, в результате чего переносимые ими инфекционные заболевания все чаще появляются в северных и горных районах, где раньше они были практически не распространены, не были зарегистрированы. Эксперты также отмечают, что энцефалитный клещ имеет тенденцию мигрировать на север [27, 28].

Глобальное потепление приводит к перемещению переносчиков различных инфекционных заболеваний в более северные регионы и высокогорные районы и, таким образом, к увеличению риска трансмиссивных инфекционных заболеваний, которые еще не были зарегистрированы в этих районах [28].

## Глобальное потепление и его влияние на здоровье населения

Престижный медицинский журнал «Lancet» опубликовал подробный отчет о работе большой международной группы исследователей из 35 научных учреждений по изучению изменения климата и его влияния на здоровье населения [29, с.365; 30, с. 1858]. Прогнозирование последствий продолжающихся изменений климата на передачу инфекционных заболеваний, особенно зоонозов, является сложной задачей из-за отсутствия знаний о распространенности и разнообразии патогенов в этих регионах [31, с. 99; 32, с. 196].

Длительный период высоких температур воздуха, ранняя теплая весна и продолжительная осень являются причинами распространения некоторых видов грызунов-переносчиков, что, в свою очередь, создает условия для развития туляремии, лептоспироза, геморрагических лихорадок с почечным синдромом, псевдотуберкулезом. Данная проблема наиболее актуальна для северных регионов России.

Изменение климата также приводит к разрушению зон вечной мерзлоты. Проблемы изменения этих зон напрямую связаны с очагами природно-очаговых инфекций.

Исследования последних лет показали возможность длительного сохранения жизнеспособных про- и эукариотических микроорганизмов в условиях постоянных отрицательных температур в слоях вечной мерзлоты, возраст которых колеблется от нескольких тысяч до 2–3 млн лет. В ходе масштабных исследований сообществ организмов в вечной мерзлоте были выделены жизнеспособные цисты свободноживущих простейших, находящиеся в состоянии криптобиоза в течение десятков и сотен тысяч лет. Это указывает на возможность активации возбудителей инфекционных заболеваний, длительно сохраняющихся в почве, вследствие изменения климата в северных регионах РФ [33]. Возможно, в связи с таянием вечной мерзлоты в скотомогильниках произойдет повторное появление сибирской язвы, представляющей серьезную угрозу для северных регионов РФ.

Район Западной Сибири за Полярным кругом на протяжении многих лет был крайне неблагополучной территорией по заболеванию сибирской язвой, так как здесь располагались многочисленные могильники животных, погибших от этого заболевания. Ярким примером является масштабная эпидемия сибирской язвы в Ямало-Ненецком автономном округе в 2016 г. [34, с. 10]. Заболевания животных возникали у оленей, особенно в теплое время года, когда они соприкасались с зараженной возбудителем почвой. Случаи заболевания сибирской язвой у людей были зарегистрированы также в 1931 и 1941 гг.

Аномалия температуры летом 2016 г., достигавшая в течение суток 29–34°C, привела к увеличению глубины сезонного оттаивания вечной мерзлоты и возможной вегетации микроба сибирской язвы, его перемещению к поверхности земли с межмерзлотными водами. Это привело к крупнейшей эпидемии оленей с момента регистрации случаев сибирской язвы. Очевидна необходимость организации системы микробиологического мониторинга потенциально опасных для человека микроорганизмов в Арктике по мере изменения климата в арктическом макрорегионе [33].

По мере сокращения площади вечной мерзлоты на смену тундре приходит тайга. С эпидемиологической точки зрения это означает возможность расширения ареала ряда грызунов и насекомых, являющихся переносчиками инфекции. Потепление климата влияет на распространенность природно-очаговых заболеваний, изменяет условия существования популяций переносчиков и условия развития в переносчиках возбудителей инфекций. По данным международных исследований, все большее значение в северных регионах Швеции, Норвегии, Финляндии и Российской Федерации приобретают такие климатозависимые инфекционные заболевания, как геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, клещевой энцефалит и болезнь Лайма [35, с. 179].

Анализ результатов многолетнего эколого-эпидемиологического надзора за клещевым энцефалитом, проведенного в Европейской субарктике в районах северной границы распространения таежного клеща, позволяет констатировать значительный рост заболеваемости в Архангельской области в 2000–2009 гг. по сравнению с 1980–1989 гг., что вызвано рядом факторов, важнейшим из которых является изменение климата [36]. Аналогичную, хотя и менее выраженную, чем в Архангельской области, тенденцию роста заболеваемости клещевым энцефалитом, можно наблюдать в соседнем регионе — в Республике Коми [34, с. 9]. Исследования сыворотки крови доноров, не привитых и не переболевших клещевым энцефалитом, показали почти четырехкратное увеличение числа лиц с антителами IgG к вирусу клещевого энцефалита за 12-летний период (2001–2013 гг.). Наибольший прирост наблюдался среди доноров из южных регионов, что свидетельствует о перемещении инфицированных клещей с юга на север, а также говорит об адаптации как вируса, так и переносчика к новым климатическим условиям [35, с. 180].

Одним из важных климатических факторов, влияющих на риск инфекционных заболеваний, является качество питьевой воды, на которое в северных регионах влияет таяние льдов, размыв потенциально опасных территорий тальными водами (свалки ТБО, свалки промышленных отходов, бывшего топлива и смазки подшипни-

ков и т.д.). Употребление некачественной питьевой воды приводит к увеличению частоты кишечных инфекций. Ни один арктический регион не входит в перечень регионов Роспотребнадзора с хорошим качеством питьевой воды. Проблема нехватки качественной воды в Арктическом регионе остается актуальной из-за наличия возбудителей инфекционных заболеваний [34, с. 8].

Наиболее уязвимыми к глобальному потеплению являются коренные малые народы севера, которые вынуждены менять свой традиционный образ жизни и рацион питания. Увеличение числа экстремальных погодных явлений, связанных с глобальным потеплением, может привести к транспортным проблемам [37, с. 308]. Использование современных методов математического картографирования Архангельской области в сотрудничестве с географами МГУ позволило выявить пространственную неоднородность в условиях транспортной доступности квалифицированной медицинской помощи. Так, примерно 25 % населения на юге этого района оказались в группе риска с точки зрения невозможности посещения медицинского учреждения, время досягаемости которого находится в пределах от 1 до 1,5 ч, а при наступлении неблагоприятных погодных условий, например зимой, половина всего населения региона может оказаться под угрозой отсутствия помощи. Неблагоприятные погодные условия в Арктике, частота которых увеличивается по мере потепления климата, могут повлиять на поставки продовольствия и других товаров [38, с. 90].

Кроме того, изменение климата ведет к снижению уровня жизни коренных народов, влияя на традиционное природопользование, создавая трудности в рыболовстве и охоте, приводя к изменению миграционных путей диких оленей и изменениям в их кормовой базе, а также к сокращению численности морских животных из-за нарушения их традиционной диеты.

В медицинской литературе имеются данные о частоте заболеваемости представителей определенных этносов по сравнению с некоренным населением. В последние годы медицинское сообщество совместно с экономистами и политиками разработало различные методы снижения потерь, вызванных ростом заболеваемости и преждевременной смертности населения Арктического макрорегиона, учитывая его высокое экономическое и политическое значение для страны [38, с. 90].

#### **Опыт России по защите здоровья населения в условиях аномальной жары**

Изменение климата в Российской Арктике характеризуется не только повышением летних температур, но и увеличением частоты волн тепла и удлинением теплого весеннего периода. Волны жары представляют

особый риск для здоровья, поэтому их более внимательно изучают в различных странах мира. Экономический ущерб, причиняемый температурными волнами, оценивается на основе расчетов дополнительной смертности населения трудоспособного возраста, ограничений трудоспособности и инвалидности вследствие осложнений связанных с климатом заболеваний, таких как инсульт [39, с. 133].

Для арктического макрорегиона можно применять как общие рекомендации ВОЗ по оценке готовности различных служб к климатическим рискам, так и чисто арктические рекомендации, учитывая удаленность многих населенных пунктов от основных объектов жизнеобеспечения, размещения жилых домов и технической инфраструктуры в районах с вечной мерзлотой, а также кочевой образ жизни некоторых коренных общин.

Общие индикаторы, которые необходимо отслеживать, включают: усиление системы раннего метеорологического предупреждения о наступлении жары и высоких уровнях загрязнения воздуха и наводнениях, определение числа групп населения, подвергающихся наибольшему риску в конкретных районах, включая людей в возрасте 65 лет и старше, которые подвергаются воздействию загрязнения воздуха и особенно мелкой пыли [34, с. 5].

В России был утвержден Национальный план мероприятий по адаптации к изменению климата до 2025 года [26]. План адаптации Арктического макрорегиона к климатическим рискам должен включать отдельные разделы, посвященные рискам для здоровья, вызванным деградацией вечной мерзлоты в долгосрочной перспективе (до 2050 г.). В связи с ожидаемым ухудшением состояния вечной мерзлоты из-за изменения климата, в Арктическом макрорегионе существует риск разрушения более 20 млн квадратных метров грунта из-за снижения его несущей способности и просадки фундаментов зданий.

Неисправности в технических системах (водоснабжение, канализация) могут стать причиной кишечных инфекций. Другие виды инфекций — сибирская язва, туляремия, клещевой энцефалит и другие также активизируются с потеплением в зависимости от климатических условий, поэтому для каждой из этих инфекций необходимо разрабатывать детальные специфические профилактические мероприятия.

Для предотвращения негативных последствий аномальной жары Росгидромет планирует повысить качество прогнозов погоды на срок до 5 дней, чтобы была возможность заранее подготовиться к последствиям опасной для здоровья жары.

Знание температурных порогов влияния высоких температур на смертность населения Архангельска позволило разработать план действий по снижению последствий этих температурных аномалий. Рекомендации для работников здравоохранения и населения изложены в монографии «Изменение климата и здоровье: оценка, индикаторы, прогнозы» [32, с. 196].

Установлено, что по мере изменения типа климата — от морского до континентального — зимние аномалии температуры увеличиваются, тогда как летние аномалии температуры остаются примерно постоянными [37, с. 305].

#### Экономические аспекты адаптации к изменению климата

Изменение климата не только увеличивает смертность, связанную с климатом, но также создает системные риски для всего сектора здравоохранения и снижает возможности предоставления всех видов медицинской помощи, как показали недавние катастрофические волны тепла. Тяжелая ситуация со стационарной помощью в Москве, имевшая место во время пандемии COVID-19, аналогична событиям жаркого лета 2010 года, когда возникли серьезные проблемы с чрезмерной нагрузкой на службы скорой помощи, больницы и морги. По этой причине существует необходимость оценить устойчивость и надежность всей системы здравоохранения во время катастрофических волн жары, ураганов, наводнений и эпидемий [38, с. 90].

Ситуация с COVID-19 наглядно показала, насколько мало изучены новые риски для здоровья человека, как со стороны новых и рецидивирующих инфекций, так и со стороны природных очагов различных инфекционных заболеваний в Арктике. В проекте Национального плана адаптации России для Арктического макрорегиона необходимо выделить отдельный раздел по охране здоровья жителей населенных пунктов — городов, поселков, сельских поселений, мест проживания коренных малочисленных народов [33]. Проблема увеличения заболеваемости населения Арктики в условиях потепления требует создания системы надзора за изменением климата и климатозависимыми инфекционными заболеваниями. Результатом должно стать определение мер по совершенствованию эпидемиологического надзора, установление исходных показателей и параметров контроля динамики инфекционных изменений, исследование связи между изменением климата и инфекционными заболеваниями в Арктике, а также разработка программ профилактики инфекционных заболеваний среди населения Арктики и животных.

#### Антропогенные факторы сокращения биоразнообразия в Арктике

Проблема сокращения биоразнообразия в Арктике стала особенно актуальной в последнее время в связи

с глобальными изменениями, вызванными антропогенным потеплением Арктики. Российские исследователи интенсивно разрабатывают методы реконструкции истории формирования биоты Северной Евразии, а также ее динамики, в частности определения последствий разрушения окружающей среды, химического загрязнения, прогнозирования последствий глобальных изменений климата [40, с. 364].

Одной из наиболее серьезных проблем для сохранения биоразнообразия Арктики являются последствия процесса промышленного освоения недр. Понятно, что это очень важно для нашей страны, но необходимо одновременно развивать систему мониторинга экологической ситуации и предотвращения стихийных бедствий. Последствия норильской катастрофы в мае 2020 г. хорошо известны. Известны и другие аварии в Арктической зоне.

В Арктике все экосистемные процессы, включая деградацию загрязняющих веществ, происходят очень медленно. Любое антропогенное загрязнение в этом регионе приводит к долгосрочному осаждению загрязняющих веществ в водных и наземных водоемах. Если в более южных регионах активно задействована микробная составляющая, то на севере микробная составляющая существенно менее активна из-за температурных условий. Это приводит к тому, что та же нефть оседает и накапливается, и, если она попадет, например, в водные системы, это становится очень большой проблемой, которая повлияет на экосистему на многие годы вперед.

С каждым годом потепление в Арктике влияет на региональные экосистемы и может привести к исчезновению местной флоры и фауны.

Современное состояние ситуации свидетельствует об аномальном потеплении, которое приводит к глобальной перестройке биоты во всех регионах Арктики. Антропогенная деятельность привела к повышению температуры планеты на 1°C., по прогнозам, вскоре это значение может увеличиться еще на 0,5°C, что уже будет критическим значением. Промышленное развитие Арктики ведет к еще большей деградации арктической среды обитания.

В настоящее время воздействие арктических зон на окружающую среду носит глобальный характер, и изменения арктического биоразнообразия продолжают прогрессировать.

Состояние популяций арктической флоры и фауны зависит от изменения климата: потепления, увеличения количества осадков и толщины снежного покрова. Арктические млекопитающие тесно связаны с кормовой базой тундры, а «озеленение» Арктики влияет на харак-

тер хищничества и питания. В последние годы популяции многих видов арктических птиц сократились из-за антропогенного воздействия и изменения климата [41, с. 9].

**Загрязнения в Арктической зоне** относятся к накопленному экологическому ущербу и могут быть результатом предыдущей экономической и военной деятельности, оставшихся со времен «холодной войны» (заброшенные склады с бочками с горюче-смазочных материалов, остатки разлитого топлива и металлолом). Источниками загрязнений являются материковые стоки из дельт крупных рек, объектов землепользования и стационарных объектов (военных частей, полярных станций) [42, с. 108].

В арктических регионах Российской Федерации обнаружено более 70000 кубометров промышленных отходов. Чтобы устранить загрязнение без ущерба для экосистем, необходимо внедрение новых технологических подходов к решению этой проблемы.

**Разливы нефти** оказывают наиболее разрушительное воздействие на биоразнообразие. Зона арктического шельфа и ее прибрежные районы наиболее подвержены риску разлива нефти. Проблема осложняется тем, что нефть, окруженная льдом, труднодоступна для бактериального разложения, и часто затруднен доступ к месту разлива нефти [43, с. 129]. Локальные аварии имеют пролонгированный эффект: нефтепродукты глубже проникают в почву и засоляют ее, что затрудняет их обнаружение и очистку.

**Загрязнение вод северных морей** с каждым годом увеличивается. Низкая температура воды арктических морских экосистем и непродолжительность фотосинтетической деятельности продуцентов отрицательно влияют на биоразнообразие. Загрязнение морской воды происходит за счет сбросов сточных вод и судовых отходов, пищевых и нефтесодержащих отходов, а также загрязнений от судовых дизелей. Подобные экологические проблемы сопровождаются шумовым загрязнением, которое вынуждает морскую фауну покидать места обитания.

Северный Ледовитый океан загрязнен более чем 300 миллиардами частиц микропластика. Микропластик встречается по всей толще воды, во льду и донных отложениях. Концентрации этого загрязнителя в арктических водах уже превышают концентрации в известных мусорных пятнах Тихого океана [44, с. 48].

**Рыболовство в Арктике** оказывает негативное воздействие на экосистемы. Для сохранения биологического разнообразия важен комплексный подход к решению проблем рациональной добычи морских ресурсов, мониторинга влияния рыболовства на взаимоотношения

между компонентами экосистем в арктических водах и правильного экологического подхода к интенсивности и способу промысла. Вымирание любого вида в результате рыболовства влияет на экосистему всей Арктики. Рыболовство может повлиять на генетическое разнообразие популяций и развитие всех видов рыб [45, с. 85].

Неконтролируемый рыбный промысел существенно подрывает рыбные запасы и изменяет всю экосистему. Рыболовство может оказывать негативное воздействие на состояние дна водоемов. Это воздействие обусловлено взаимодействием рыболовных снастей с почвой и разрушением биогеоценозов шельфовых экосистем, что приводит к масштабным нарушениям верхнего слоя донных отложений и обитающих в них донных сообществ [46, с. 172].

Глобальное сокращение запасов пелагических рыб пагубно влияет на морских млекопитающих и птиц.

Другой проблемой, связанной с потеплением, является **таяние ледников и выбросы парниковых газов** [47, с. 8]. По мере таяния вечной мерзлоты увеличивается выброс парниковых газов в атмосферу, особенно метана и углекислого газа. Данная проблема возникает при бурении и эксплуатации скважин в верхней части криолитосферы из-за высокой газонасыщенности вечномерзлых пород. Дегазация недр Арктической зоны может привести к сильным газовым выбросам со дна термокарстовых озер, образующих подводные кратеры. Выбросы природного и техногенного газа взрывоопасны. Подобные процессы негативно влияют на арктическую биосферу и общее состояние Земли и дают толчок к еще большему усилению глобального потепления.

Состояние арктической зоны вечной мерзлоты напрямую зависит от температуры, повышение которой приводит к таянию ледников. По последним данным, среднегодовая температура в Арктике выросла на 1,4°C, а ледяной покров за последние годы достиг рекордно низкого уровня. Показатели вечной мерзлоты снизились на 13 % по сравнению с 1997 годом, а в Баренцевом море толщина льда уменьшилась на 90 %. Таяние льда может иметь множество негативных последствий для флоры и фауны [47, с. 10].

В результате исследований международной организации Nature Climate Change ученые пришли к выводу, что к 2035 году арктические льды могут полностью растаять. В глобальном масштабе отсутствие дрейфующих льдов повлияет на белых медведей; им станет труднее добывать пропитание, что приведет к голоданию популяции и вынудит их мигрировать в населенные пункты. Ареалы и виды многих представителей арктической флоры и фауны могут полностью исчезнуть и кардинально изменить экосистему арктических зон [30, с. 1877].

## Государственная политика России в области экологической безопасности Арктики

Проблема изменения арктического климата с каждым годом становится все более актуальной. Необычное потепление в Арктике влияет на региональные экосистемы и может привести к исчезновению местной флоры и фауны. Поскольку запасы нефти и газа в Арктике привлекают все больше внимания в разных странах, велика вероятность того, что развитие арктической зоны станет направлением основной государственной политики арктических стран и, следовательно, развитие арктического потенциала войдет в основы государственной политики России в области природных ресурсов [48, с. 196].

Освоение Арктики играет глобальную роль в задачах экономического развития и национальной безопасности Российской Федерации. За последние 10 лет создана нормативная база развития региона и реализован ряд крупных проектов. Принята Стратегия развития и национальной безопасности Арктической зоны Российской Федерации на период с октября 2020 по 2035 гг.

Россия также участвует в ряде международных соглашений и инициатив Арктического совета, а также соглашений, регулирующих судоходство, рыболовство и охрану окружающей среды в Арктике.

Целями глобального сотрудничества являются продвижение нового режима международного судоходства в Арктике, добыча и распространение технологий российского производства, а также доступ к финансированию международных институтов развития неарктических стран, заинтересованных в арктических проектах.

### Заключение

Арктическая зона Российской Федерации располагает огромными запасами нефти и газа, доказанными запасами золота, серебра, алмазов, редких металлов, медных и никелевых руд, марганца. Арктический шельф хранит около 70 % нефти и до 90 % ресурсов газа всех морских акваторий России.

Изменение климата поменяло привычные маршруты воздушных масс и принесло с собой большое количество теплого южного воздуха. Из-за таяния вечной мерзлоты и выделения метана усиливается парниковый эффект. Россия теряет свои арктические территории из-за таяния ледников и береговой эрозии. Ежегодные исследования показали отступление берега в арктической зоне на 2–4 метра. Это влияет как на экономическую, так

и на экологическую ситуацию в арктической зоне Арктике и наносит непоправимый ущерб арктической биосфере. Около 25 % населенных районов могут стать непригодными для проживания.

Из-за быстрого изменения климата усиливается деградация экосистем в арктической зоне, а также увеличивается продуктивность растительности, что приводит к «озеленению» Арктики. Подобные процессы оказывают негативное влияние на среду обитания арктической флоры и фауны многих видов. Эти процессы дестабилизируют естественное функционирование арктических экосистем [43, ис. 126].

За последние 10 лет создана нормативная база развития Арктического региона и реализован ряд крупных проектов. Принята Стратегия развития и национальной безопасности Арктической зоны Российской Федерации на 2020–2035 годы. Россия участвует в ряде международных соглашений и инициатив Арктического совета, а также соглашений, регулирующих судоходство и рыболовство и защиту окружающей среды.

Очистка Арктики от токсичных отходов — это важнейшее направление экологической безопасности в Арктике. Операции по очистке проводятся с использованием экологически чистых, высокоэффективных инновационных технологий, которые должны стать основой развития Арктики.

В настоящее время необходимо совершенствовать сеть заповедных территорий и создавать новые заповедники различного профиля не только на суше, но и на море, создавать новые заповедники на Новой Земле, Вайгаче, в Большеземельской тундре, на Ямале, Чукотке [49, с. 12].

Кроме того, необходимо приступить к организации охраняемых акваторий, особенно в Баренцевом и Карском морях. В акватории Баренцева моря должна быть создана система морских охраняемых территорий, обеспечивающих безопасные места нереста промысловых рыб, места линьки и отдыха тюленей и т.д., со строго контролируемой хозяйственной деятельностью и ограниченным использованием биологических ресурсов.

Поскольку запасы нефти и газа привлекают все больше и больше внимания в различных странах, развитие арктических регионов, вероятно, станет основным направлением государственной политики многих стран мира.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Русская Арктика. Введение в общую географию / А.Н. Чилингаров, В.М. Грузинов, Ю.Ф. Сычев. // Москва, 2014, 336–343
2. Направления, состояние и перспективы отечественных исследований биологического разнообразия Арктики / Чернов Ю.И. // Вестник РФФИ, 2004, №1, 1–26
3. Портал «Научная Россия» (<https://scientificrussia.ru/>)
4. Кольский научный центр Российской Академии наук: исторические вехи и перспективы / Кривовичев С.В. // Горн. ж. 2020, №9, 5–8
5. Биота Арктики: таксономическое разнообразие / Чернов Ю.И. // Зоол. ж., 2002. 81, № 12, с. 1411–1431
6. Экологическая целостность надвидовых таксонов и биота Арктики / Чернов Ю.И. // Зоол. ж., 2008. 87, № 10, 1155–1167
7. Изменения состава фауны двукрылых (Diptera) в пределах Арктики / Городков К.Б. // Место и роль двукрылых насекомых в экосистемах: Сборник научных трудов 6-го Всероссийского симпозиума диптерологов, посвященного 100-летию со дня рождения А.А. Штакельберга, Санкт-Петербург, 21–25 апр., 1997. СПб. 1997, 41–42
8. Типулоидные двукрылые в тундровой зоне / Ланцов В.Н., Ю.И. Чернов // Ин-т эволюц. морфологии и экологии животных им. А.Н. Северцова, 1987, Москва, Наука, 21 с.
9. Коллемболы Арктики: Структура фауны и особенности хорологии / Бабенко А.Б. // диссертация доктора биологических наук. Москва, 2005, 382 с.
10. Особенности жизненных циклов жулиц (Coleoptera, Carabidae) в условиях северной тайги / Шарова И.Х., Филиппов Б.Ю. // Зоол. ж., 2003, 82, № 2, 229–238
11. Жуки (Coleoptera) в полярных пустынях Северной Земли / Макарова О.Л. и др. // Зоол. ж., 2007, 86, №11, 1303–1324
12. Коллекции Зоологического института РАН — сокровище мировой науки / Алимов А.Ф., Танасийчук В.Н., Степаньянц С.Д. // Вестник российской академии наук, 2000, 70, № 1, 63–72
13. Species status of *Bombus monticola* Smith (Hymenoptera: Apidae) supported by DNA barcoding / Gjershaug J.O. et al. // Zootaxa, 2013, 3716, 3, 431–440.
14. Жуки (Coleoptera) в полярных пустынях Северной Земли / Макарова О.Л. и др. // Зоол. ж., 2007, 86, №11, 1303–1324
15. Отряд жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) в фауне Арктики. Сообщение 1. Состав фауны / Чернов Ю.И. и др. // 93, №1, 7–44
16. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / Маслов А. Д. // М.: ВНИИЛМ, 2010, 138 с.
17. Влияние современного изменения климата на биологическое разнообразие / Кузнецов В.П. // Нижневартковский госуниверситет. 2021. Научно-методический вебинар, 2021
18. The last refugia for a polar relict pollinator: isolates of *Bombus glacialis* on Novaya Zemlya and Wrangel Island indicate its broader former range in the Pleistocene / Potapov G.S. et al. // Polar Biology, 2021, 44, 1691–1709
19. Состав и пути формирования фауны архипелага Новая земля (на примере модельных групп): комплексный анализ с применением молекулярно-генетических методов. / Спицын В.М. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол. наук, Архангельск, 2022
20. Phylogeography and ecology of bumble bees on Kolguev / Potapov G.S. // ZooKeys, 2022, 1122
21. Species status of *Bombus monticola* Smith (Hymenoptera: Apidae) supported by DNA barcoding / Gjershaug J.O. et al. // Zootaxa, 2013, 3716 (3), 431–440
22. The first record of *Boloria frigga* (Lepidoptera: Nymphalidae) on Kolguev Island, Arctic Russia / Potapov G.S., Spitsyna E.A., Spitsyn V.M. // Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle. 2021, Grigore Antipa, 64, 2, 103–108. <https://doi.org/10.3897/travaux.64.e65131>
23. Fauna and ecology of butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) from Kanin Peninsula and Kolguev Island / Bolotov I.N. // Zoologicheskii Zhurnal, 2011, 90, 11, 1365–1373
24. Moths and butterflies (Insecta: Lepidoptera) of the Russian Arctic islands in the Barents Sea / Kullberg J. et al. // Polar Biology, 2019, 42, 2, 335–346. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2425-z>
25. Chilled, starved, or frozen: insect mitochondrial adaptation to overcome the cold. // Curr Opin Insect Sci. 2023 58: doi: 10.1016/j.cois.2023.101076
26. Национальный план второго этапа адаптации к изменению климата до 2025 г. Распоряжение Правительство Российской Федерации от 11 марта 2023 г. № 559-р Москва. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202303130019?index=3>
27. Impact of climate change on the expansion of *Ixodes persulcatus* habitat and on the incident tick-borne encephalitis in the north of European Russia / Tokarevich N.K. et al. // Global Health Action Plan. 2011, 4
28. Impact of air temperature variation on the ixodid tick's habitat and tick-borne encephalitis incidence in the Russian Arctic / Tokarevich N.K. et al. // International J. of Circumpolar Health. 2017, Doi org/10,1080/22423982.2017.1298882r
29. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. / Gasparrini A. et al. // Lancet Planet Health. 2017, 1, 360-367
30. The 2019 report of the Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate // The Lancet Planet Health. 2019, 394, № 316. 1836–1878
31. Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis / Flouris A.D., et al. // Lancet Planet Health. 2018, 2, 521–31
32. Изменение климата и здоровье: оценка, индикаторы, прогнозы / Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д. // М.: ИМП РАН, 2019, 196 с.
33. Риски здоровья населения при изменении климата арктического макрорегиона DOI: 10.47711/2076–318-2020-395-408
34. Изменение климата в России — проблема общественного здоровья / Ревич Б.А. 2021, 1(4), 5–14. DOI: 21045/2782–1676-2021-1-4-5–14
35. Российский и международный опыт разработки планов действий по защите здоровья населения от климатических рисков / Ревич Б.А. и др. // Гигиена и санитария, 2020, 99, № 2, 176–181
36. Стратегия адаптации к воздействию изменения климата на здоровье населения для Архангельской области и Ненецкого автономного округа Российской Федерации / Сидоров П.И. и др. // Архангельск, 2012

37. Здоровье населения при изменении климата Арктического макрорегиона // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике / Материалы II международной научно-практической конференции, 2019, 303–310
38. Оценка уязвимости и способности адаптации здоровья к изменению климата в Архангельской области и Ненецком автономном округе Российской Федерации / Балаева Т.В. и др. // Тверь: Триада, 2012. 90 с.
39. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Российской Федерации» по Республике Коми в 2016 году». // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Коми. Сыктывкар: 2017, 133 с.
40. Катастрофический выброс газа в 2020 г. на полуострове Ямал в Арктике. Результаты комплексного анализа данных аэрокосмического зондирования / Богоявленский В.И., Богоявленский И.В, Каргина Т.Н. // Арктика: экология и экономика, 2021, 11, № 3, 362–374
41. Актуальные проблемы предотвращения, ликвидации разливов нефти в Арктике и методы оценки экологического ущерба прибрежным территориям / Павленко В.И. и др. // Арктика: экология и экономика, 2015, №3 (19), 4–11
42. Оценка угроз морской экосистеме Арктики, связанных с промышленным рыболовством, на примере Баренцева моря / Боханов Д.В. и др. // Всемирный фонд дикой природы (WWF), М., 2013, 108 с.
43. Антропогенное воздействие на биоразнообразие Арктики / Губенок Е.С., Радионенко В.Н. // Современное состояние и проблемы загрязнения экосистем. Всероссийская научно-практическая конференция «Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России», 2022, Комсомольск-на-Амуре, 125–132
44. Антропогенная трансформация арктических экосистем России: подходы, методы, оценки. / Тишков А.А. и др. // Арктика: экология и экономика. 2019, №4, 38–51
45. Биотически значимые тренды климата и динамика биоты российской Арктики / Тишков А.А. и др. // Арктика: экология и экономика, 2019, №1, 71–87
46. Исследование загрязнения микропластиком морей российской Арктики и Дальнего Востока / Ершова А.А. и др. // Арктика: экология и экономика, 2021, 11, № 2, 164–177
47. Арктика и глобальное потепление: адаптация к изменению климата и охрана окружающей среды / Куделькин Н.С. // Юридические исследования, 2022, № 1, 1–16. DOI: 10.25136/2409-7136.2022.1.37049 URL:
48. Изменение климата и здоровье: оценка, индикаторы, прогнозы // Ревич Б.А., Малеев В.В., Смирнова М.Д. // М.: ИМП РАН, 2019, 196 с.
49. Региональные эффекты изменений климата и ООПТ Арктической зоны Российской Федерации / Белоновская Е.А., Титова С.В., Тишков А.А. // Международный симпозиум «Территориальная охрана природы: от теории к практике»: 8 Международная конференция «Географические основы формирования экологических сетей в Северной Евразии», 2020, Апатиты, 14–19 сент., 2020, 12–14

© Барыбкина Мария Николаевна (kved@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»