

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 595.7(476)

СУШКО

Геннадий Геннадьевич

**ЭКОЛОГО-ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ
СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ
ВЕРХОВЫХ БОЛОТ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

по специальностям: 03.02.08 – экология; 03.02.05 – энтомология

Минск, 2019

Научная работа выполнена на кафедре зоологии биологического факультета
Белорусского государственного университета

Научный консультант –

Буга Сергей Владимирович

доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой зоологии
Белорусского государственного университета

Официальные оппоненты:

Хотько Элеонора Ивановна,

доктор биологических наук, профессор

Еловичева Ядвига Казимировна,

доктор географических наук, профессор
профессор кафедры почвоведения и земельных
информационных систем
Белорусского государственного университета

Степанович Иосиф Михайлович,

доктор биологических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники
имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси»

Оппонирующая организация –

Государственное научно-производственное
объединение «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по
биоресурсам»

Защита состоится «12» ноября 2019 года в 14.00 часов на заседании совета
по защите диссертаций Д 02.01.22 при Белорусском государственном
университете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, юридический
факультет, ауд. 407. Тел. +375 (17) 209-55-58, e-mail: nlysukha@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке
Белорусского государственного университета

Автореферат разослан « » октября 2019 года.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук

Н.А. Лысухо

ВВЕДЕНИЕ

Верховые болота рассматриваются как экосистемы, выполняющие на планете важные биосферные функции, в числе которых выведение из атмосферы углекислого газа, торфонакопление и снижение эмиссии парниковых газов, регуляция гидрологического режима обширных территорий, сохранение биологического разнообразия животных и растений. Уникальность верховых болот заключается в том, что они мало меняются в течение столетий и даже тысячелетий, будучи устойчивы к изменениям климата (Бамбалов, Ракович, 2005; Spitzer, Danks 2006). Это делает их ценными объектами для познания эволюции и механизмов функционирования естественных болотных экосистем. В то же время в зарубежной Европе бóльшая часть болот – это наиболее трансформированные в результате хозяйственной деятельности природные комплексы, многие экологические аспекты биоразнообразия которых так и остались не изученными. На территории Беларуси в малонарушенном состоянии сохранилось 1,3 млн. га болотных экосистем, тогда как в Центральной Европе в целом всего лишь около половины (4,1 млн. га) болот находятся в относительно естественном состоянии (Bragg et al., 2003). Большинство (185,4 тыс. га, 58,9%) верховых болот страны приходится на северную геоботаническую подзону (Поозерье) (Зеленкевич и др., 2016), где сохранились крупные естественные болотные массивы, площадь которых в сотни и тысячи раз превышает немногие сохранившиеся в Центральной Европе (Кухарчик 1993, Bragg et al. 2003). Это предоставляет уникальные возможности для изучения особенностей функционирования экосистем верховых болот умеренной зоны Европы в их естественном или, по меньшей мере, минимально нарушенном состоянии.

Одним из наиболее показательных объектов для изучения экологических аспектов биоразнообразия, закономерностей функционирования сообществ и хода сукцессионных процессов являются насекомые, поскольку занимают разнообразные экологические ниши, характеризуются высокими видовым богатством и численностью, являются основными потребителями первичной продукции и консументами в трофических сетях, а также весьма чувствительны к изменению условий среды обитания и могут быть биоиндикаторами состояния экосистем верховых болот.

В то же время, структура и закономерности функционирования комплексов животных данного таксона на верховых болотах оставались малоизученными. В Беларуси до начала наших исследований целенаправленно изучались только отдельные группы насекомых болотных экосистем. Данная констатация справедлива и для других частей Европейского Поозерья (Rabeler, 1931; Mossakowski et al., 2003; Browarski, 2005; Spungis, 2008).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Тема диссертационной работы соответствует следующим пунктам «Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006–2010 годы», утвержденного Постановлением Совета министров Республики Беларусь № 512 от 17 мая 2005 г.: 8.2. Прогнозирование изменений природной среды, методология рационального природопользования и охраны окружающей среды; 8.3. Научные основы воспроизводства, рационального использования и охраны лесных и других биологических ресурсов; 8.4. Методы мониторинга окружающей среды, прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, а также «Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы», утвержденного Постановлением Совета министров Республики Беларусь № 585 от 19 апреля 2010 г.: 10.4. Геоэкологическая оценка состояния и управления качеством окружающей среды, сохранение и рациональное использование природно-ресурсного потенциала водных и наземных экосистем; 10.5. Динамика биологического и генетического разнообразия аборигенной и интродуцированной флоры и фауны, как и «Приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы», утвержденных Постановлением Совета министров Республики Беларусь № 190 от 12 марта 2015 г.: 10. Экология и природопользование.

Исследования по теме диссертации выполнялись на биологическом факультете Учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» и на кафедре зоологии Белорусского государственного университета, в том числе в рамках ГПОФИ «Ресурсы растительного и животного мира» (задание «Современное состояние, перспективы использования и охраны биологического и ландшафтного разнообразия Белорусского Поозерья», 2007–2010 гг., N ГР 2007171); ГПНИ «Природно-ресурсный потенциал» («Оценка современного состояния биоразнообразия и ресурсного потенциала Белорусского Поозерья – как основа для его охраны и рационального использования», 2011–2013 гг., N ГР 20111877); ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал» подпрограммы «Природно-ресурсный потенциал» («Биологическая и геоэкологическая оценка состояния, сохранения и использования природно-ресурсного потенциала Белорусского Поозерья», 2014–2015 гг., N ГР 20141909). В 2009 г. при поддержке Министерства образования Республики Беларусь выполнялся проект

«Структурно-функциональное состояние биоразнообразия насекомых верховых болот Белорусского Поозерья» (N ГР 20090918), в 2011–2013 гг. – проект Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ) «Насекомые в консорциях дикорастущих ягодников и других верескоцветных на верховых болотах в Белорусском Поозерье» (Б11–049), а также международных проектов: совместный научно-исследовательский проект ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича» и Earthwatch Institute – «Belarus Wetlands» (2006–2011 гг.), в рамках программы Partnership for Environmental Cooperation in Europe: «Building Capacity for Biodiversity Conservation in Eastern Europe and Central Asia» (2006–2009 гг.), «Biodiversity conservation» (2008–2009 гг.) и «Educator Expeditions» (2010 г.); совместный проект Европейского Союза и Организации Объединенных Наций (ЕС/ПРООН) «Содействие развитию всеобъемлющей структуры международного сотрудничества в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь» по заданию «Результаты энтомологических исследований на территории заказника «Ельня» и разработка экотуристических энтомологических маршрутов» (2013 г., № 00076991). Также исследования проводились в ходе выполнения НИОКР по заданиям Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды: «Провести обследование особо охраняемых природных территорий местного значения Витебской области (Витебский, Верхнедвинский, Городокский, Сенненский, Ушачский районы) с целью выявления и подтверждения выявленных ранее популяций охраняемых животных и растений и создать продукцию в форме отчета, содержащего перечень популяций охраняемых животных и растений на особо охраняемых природных территориях местного значения Витебской области» (№ 8 от 29.07.2011 г.); «Выявление, передача под охрану пользователям земельных участков и (или) водных объектов мест обитания диких животных и мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, в Городокском и Шумилинском районах Витебской области» (№ 30 от 10.07.2013 г.); «Выявление мест обитания диких животных и мест произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, в Полоцком и Россонском районах Витебской области» (№ 09/14 от 01.09.2014 г.).

Цель и задачи исследования. *Цель исследования* – установить современную эколого-таксономическую структуру, закономерности пространственного распределения и изменения комплексов насекомых в ходе сукцессии верховых болот Белорусского Поозерья.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Выяснить современный таксономический состав и экологическую структуру комплексов насекомых верховых болот региона исследований.

2. Выполнить зоогеографический анализ энтомокомплексов верховых болот Белорусского Поозерья.

3. Проанализировать изменчивость α - и β -разнообразия в градиенте болотных местообитаний, а также роль основных экологических факторов в пространственном размещении насекомых верховых болот.

4. Дать оценку трансформации комплексов насекомых в ходе автогенной сукцессии экосистем верховых болот и выявить особенности динамики энтомокомплексов на протяжении Голоцена в Белорусском Поозерье.

5. Проанализировать экологические предпочтения специализированных насекомых (тирфобионтов и тирфофилов) и выявить вероятные пути колонизации верховых болот типичными обитателями данных экосистем в условиях Белорусского Поозерья.

Научная новизна. Впервые для эталонных малонарушенных верховых болот Белорусского Поозерья дана детальная эколого-таксономическая оценка состава энтомокомплексов, что позволяет сформировать целостное представление об экологической структуре и дает сравнительный материал для выявления основных тенденций трансформации экосистем верховых болот.

Впервые на обширном материале синэкологических исследований продемонстрированы специфические особенности структуры энтомокомплексов верховых болот, их α - и β -разнообразия и выявлены закономерности, определяющие пространственное распределение насекомых в зависимости от факторов среды.

Впервые продемонстрированы тренды трансформации комплексов насекомых в условиях автогенной сукцессии и выявлены ключевые факторы, обуславливающие динамику видового разнообразия и экологических группировок в зависимости от сукцессионного градиента растительности экосистем верховых болот Поозерского региона.

Впервые реконструированы пути формирования комплексов насекомых – специализированных обитателей верховых болот Белорусского Поозерья.

Положения, выносимые на защиту:

1. Рецентные комплексы насекомых естественных верховых болот Белорусского Поозерья по числу видов характеризуются преобладанием лесных видов, хорто- и герпетобионтов и высокой долей обитателей северных широт. По числу особей преобладает ограниченное количество узкоспециализированных видов, что обусловлено особенностями растительного покрова и гидрохимическими факторами мохового яруса и определяет невысокое разнообразие энтомокомплексов в вертикальном и горизонтальном аспектах.

Местами наибольшей концентрации биоразнообразия насекомых данных экосистем является травянисто-кустарничковый ярус склона болот.

2. Основными трендами динамики энтомокомплексов в сукцессионном градиенте являются возрастание разнообразия на промежуточных стадиях сукцессии, поступательная смена хортобионтов хамебионтами и возрастание обилия специализированных видов, что в наибольшей степени обусловлено микроклиматическими условиями и кормовой базой, сформированным кустарничками. Данные тренды сукцессионных перестроек прослеживались на протяжении Голоцена. Это позволяет считать, что пионерами автогенной сукцессии олиготрофных болот в Бореальном периоде были хортобионты, фитофаги осоковых и сфагниколы, а ключевым периодом для формирования биоразнообразия насекомых стал Атлантический, в результате колонизации болот хамебионтами перигляциальной зоны.

3. Верховые болота в условиях изменения климата являются рефугиумами биоразнообразия холодолюбивых, высокоспециализированных к данным экосистемам видов, таких как тирфобионты и тирфофилы, с одной стороны, и путями миграции из южных регионов Европы на север насекомых с экологическими преферендами, сходными с условиями болотных экосистем, которые характерны для европейских верещатников – с другой, на что указывают два возможных направления формирования энтомокомплексов тирфобионтных и тирфофильных насекомых в постгляциальный период: восточное (из уральских и сибирских рефугиумов) и юго-западное (из европейских, преимущественно юго-западных рефугиумов).

Личный вклад соискателя. Экспериментальная часть исследований, сбор полевого материала, определение видовой принадлежности подавляющего большинства (за исключением требующих консультаций специалистов) групп насекомых и растений, изложение материала, статистическая обработка и визуализация данных выполнены автором лично. Все выносимые на защиту результаты, положения и выводы получены непосредственно соискателем. Автором лично определены задачи исследования, осуществлен выбор методов и анализ фактического материала, выполнена интерпретация и обобщение полученных результатов в виде публикаций по теме исследования.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертации были представлены и обсуждены на международных научно-практических конференциях: «Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий» (Мозырь, 2009); «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2010); «Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов» (Минск, 2009, 2015); «Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных

территорий Республики Беларусь» (Домжерицы, 2012); «Зоологические чтения памяти профессора И.К. Лопатина» (Гродно, 2013); «Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения» (Витебск, 2014); «Современные проблемы энтомологии Восточной Европы» (Минск, 2015); «Итоги и перспективы энтомологии в Восточной Европе» (Минск, 2017); II и III международные научные конференции «Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья: современное состояние, перспективы развития» (Витебск, 2006, 2009); «Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси» (Минск, 2017); на международных научных конференциях «Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий: современное состояние, проблемы использования и охраны» (Витебск, 2010); «Фундаментальные проблемы энтомологии в 21 веке» (Санкт-Петербург, 2011); «Красная книга Республики Беларусь: состояние, проблемы, перспективы» (Витебск, 2011); «VIII Галкинские чтения» (Санкт-Петербург, 2017); «51-st и 52-st International Scientific Conference of Daugavpils University» (Daugavpils, Latvia, 2009, 2010); «XXVIII Nordic–Baltic Congress of Entomology» (Birštonas, Lithuania, 2010); «20 years anniversary symposium of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship» (Helsinki, Finland, 2011); «8-st International Conference on Biodiversity Research (ICBR)» (Daugavpils, Latvia, 2015); XV (62), XVI (63), XVII (64) региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов УО «ВГУ им. П.М. Машерова» «Наука – образованию, производству, экономике» (Витебск, 2010, 2011, 2012); на международном семинаре Растительность болот: современные проблемы, классификация, картография, история и охрана (Минск, 2009).

Опубликованность результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 72 печатных работы: в том числе монография объемом 12,09 авторских листа, 19 статей соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоения ученых званий в Республике Беларусь, и 15 статей в зарубежных рецензируемых журналах, объемом 32,1 авторских листа, 4 – в сборниках статей (в том числе 2 раздела в коллективных монографиях), 26 – в сборниках материалов научных конференций и 5 – в сборниках тезисов докладов, 2 – учебно-методических издания.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из перечня условных сокращений и определений, введения, общей характеристики работы, семи глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 463 страницы и включает: 68 таблиц и 102 рисунка – на 90 страницах, библиографический список из 461 наименования – на 44 страницах, приложение – на 185 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

История изучения насекомых верховых болот

В главе приведены результаты анализа и обобщение материалов исследований насекомых верховых болот Беларуси и зарубежной Европы, выделены основные этапы их изучения, на основании чего констатировано, что достаточно полная информация по структуре и динамике энтомокомплексов верховых болот и сходных биотопов до сих пор имелась для географически удаленных от Беларуси регионов Северной Европы.

Имеющиеся данные для распространенных за пределами современной Республики Беларусь частей Поозерья либо фрагментарны (например, для Латгальского Поозерья), либо не могут быть экстраполированы на Белорусское Поозерье в силу существенных различий природно-климатических условий (Мекленбургское Поозерье).

Полномасштабные целенаправленные эколого-фаунистические и зоогеографические исследования насекомых верховых болот с охватом всех таксономических и эколого-систематических групп Ectognatha и рассмотрением широкого круга вопросов синэкологии, динамики энтомокомплексов до нас в Беларуси не выполнялись. Лучше других таксонов были изучены жесткокрылые и чешуекрылые, однако и по ним отсутствовало целостное представление о структуре и динамике биоразнообразия. Не выполнялись подобные исследования и в других регионах Европы.

Выше изложенное определяет актуальность развернутых исследований энтомокомплексов верховых болот Беларуси.

Краткая характеристика природно-климатических условий региона исследования, верховых болот и болотных комплексов

Констатирована уникальность верховых болот Белорусского Поозерья в аспектах их генезиса, региональной специфики, своеобразия абиотических (гидрологические условия, общая минерализация, рН воды и почвы) и биотических (видовая и функциональная структура биоценозов, фитоценотические показатели) экологических факторов.

Отмечено, что в наши дни верховые болота являются островными экосистемами с азональным типом растительности, сохранившим «тундровые черты» раннего послеледниковья, наиболее распространенными на территории Поозерского региона, где сосредоточена самая значительная площадь всех малонарушенных болотных массивов Беларуси.

Методология исследований

В основу диссертационного исследования были положены методы ординации и многомерного анализа данных, метод экологического ранжирования, метод экологических аналогий и сравнительно-экологический метод палеобиологических реконструкций, лежащий в основе воссоздания сценариев динамики энтомокомплексов в различные хронологические периоды. Последний базируется на палеоботанических данных анализа состава торфяных залежей разного возраста (Пидопличко 1961, Беленький и Курзо 1988, Еловичева 2001, Еловичева и др. 2008, Зеленкевич и др. 2016).

Общая методология сбора материала соответствует принятой в классических и современных энтомологических, гидробиологических и почвенно-зоологических исследованиях (Чернов, Руденская, 1970; Фасулати, 1971; Грюнталь, 1981; Рындевич, Цинкевич, 2004). В частности для количественных учетов в моховом ярусе применялись почвенные ловушки, травянисто-кустарничковом и древесном ярусах – кошение энтомологическим сачком. Сбор активно летающих насекомых (имаго стрекоз, чешуекрылых, перепончатокрылых, двукрылых) осуществляли маршрутным методом на трансектах фиксированной длины. Водных насекомых отлавливали сачком Бальфура-Брауна. Оценка выборочных усилий производилась с использованием алгоритмов экстраполяции видового богатства (непараметрических эстиматоров). Дополнительно сборы выполнялись отряхиванием растений на тканевой полог, просеиванием мха и подстилки через почвенное сито и с использованием светоловушки.

Временные рамки выполнения исследований – 1997–2018 гг. За весь период коллектировано более 70 000 экземпляров насекомых. Большая часть сборов определена автором самостоятельно. По отдельным группам, особенно трудно идентифицируемым, для определения материала были привлечены специалисты по соответствующим таксонам из Беларуси, России и Польши. Мы выражаем глубочайшую благодарность за помощь в определении насекомых и предоставлении информации по отдельным видам проф., д.б.н. С.В. Буге (г. Минск, Беларусь), проф., д.б.н. И.К. Лопатину (г. Минск, Беларусь), проф., д.б.н. О.Р. Александровичу (г. Слупск, Польша), проф., д.б.н. Е.П. Нарчук (г. Санкт-Петербург, Россия), проф., д.б.н. В.А. Рихтер (г. Санкт-Петербург, Россия), проф., д.б.н. Н.Ю. Клюге (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. А.Г. Мосейко (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. С.Ю. Кузнецову (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. Н.М. Парамонову (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. А.Н. Овчинникову (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. С.В. Айбулатову (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. А.А. Пржиборо (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. И.В. Шамшеву (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н.

И.В. Гричанову (г. Санкт-Петербург, Россия), к.б.н. Е.С. Лабиной (г. Санкт-Петербург, Россия), д-ру М. Ванату (г. Вроцлав, Польша), д-ру Д. Кубишу (г. Краков, Польша), д-ру К. Левандовскому (г. Ольштын, Польша), проф. Е. Бесядка (г. Ольштын, Польша), проф. С. Чахоровскому (г. Ольштын, Польша), доц., к.б.н. О.И. Бородину (г. Минск, Беларусь), доц., к.б.н. **В.А. Цинкевичу** (г. Минск, Беларусь), доц., к.б.н. О.В. Прищепчику (г. Минск, Беларусь), доц., к.б.н., С.К. Рындевичу (г. Барановичи, Беларусь), к.б.н. А.В. Кулаку (г. Минск, Беларусь), к.б.н. В.В. Блинову (г. Минск, Беларусь), доц., к.б.н. И.А. Солодовникову (г. Витебск, Беларусь), А.О. Лукашуку (п. Домжерицы, Беларусь), А.А. Локотко (г. Витебск, Беларусь), В.И. Пискунову (г. Витебск, Беларусь), к.б.н. Е.А. Держинскому (г. Витебск, Беларусь). Благодарим доц., к.б.н. Н.В. Воронову (г. Минск, Беларусь) за консультации и помощь в проведении молекулярно-генетических исследований.

Регион исследований охватывает всю территорию Белорусского Поозерья в пределах государственной границы Республики Беларусь. Сборами фактического материала насекомых в полевых условиях были охвачены верховые болота и болотные комплексы, расположенные на территории 13 административных районов, Витебской, Минской и Гродненской области (Рисунок 1), в том числе Витебского, Миорского, Шарковщинского, Верхнедвинского, Шумлинского, Полоцкого, Докшицкого, Глубокского, Лепельского и Россонского районов Витебской области, Мядельского района Минской и Гродненского района Гродненской области.



Рисунок 1. – Локализация стационаров проведения исследований на территории Белорусского Поозерья

Выбор стационаров для исследований пространственного распределения осуществляли с учетом градиентов экологических условий от окрайки к вершине болота. Пространственная структура болот была рассмотрена как в горизонтальном, так и в вертикальном аспектах.

При анализе α -разнообразия использовали индексы Шеннона-Винера, Симпсона, Пиелу, непараметрический эстиматор Chao 1 и графические модели рангового распределения обилия видов, β -разнообразия – кластерный анализ. Для выявления предпочтений местообитаний разных стадий сукцессии использован анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA), а для анализа пространственного распределения видов в различных местообитаниях – многомерное неметрическое шкалирование (Non-metric multidimensional scaling, NMDS). Оценка факторов биотопического распределения насекомых произведена с использованием канонического анализа соответствий (Canonical Correspondence Analysis, CCA), однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) и регрессионного анализа (обобщенная линейная модель множественной регрессии, GLM).

Для установления филогенетического родства популяций модельных видов насекомых была использована последовательность 5'-области гена субъединицы 1 цитохром-оксидазы *c* (COI). ДНК выделяли с использованием «Genomic DNA Purification Kit» (Thermo Scientific). ПЦР для получения фрагмента COI провели с геноспецифическими праймерами LepR/LepF, используя стандартный для этих праймеров протокол и *Taq*-полимеразу (Thermo scientific). Качество и количество ПЦР-продукта оценивали визуально в 1,5 % агарозном геле с использованием в маркера молекулярного веса 1Kb DNA-Ladder (Thermo scientific). Секвенирование продуктов ПЦР провела компания Macrogen (Нидерланды). Оценку качества секвенирования выполнили в программе MEGA7. Филогенетические деревья строили на основе дистанционной модели Kimura-2-parameter методом Neighbor joining на платформе BOLD (<http://www.boldsystems.org>).

Для статистической обработки материала использовались программы PAST 3.06, MVSP 3.21 (demo), R 2.12.2.

Эколого-фаунистическая характеристика рецентного населения насекомых верховых болот Белорусского Поозерья

Впервые проведены детализированные исследования наземных, водных и амфибиотических насекомых верховых болот и дана подробная характеристика их таксономического состава. Для данных экосистем Белорусского Поозерья указано 1384 вида открыточелюстных насекомых (Insecta, Ectognatha), относящихся к 15 отрядам (Поденки, Стрекозы, Тараканы, Прямокрылые,

Сеноеды, Грудохоботные, Шеехоботные, Полужесткокрылые, Жесткокрылые, Сетчатокрылые, Перепончатокрылые, Скорпионовые Мухи, Ручейники, Чешуекрылые, Двукрылые), 30 подотрядам, 77 надсемействам, 200 семействам и более чем 738 родам (Таблица 1).

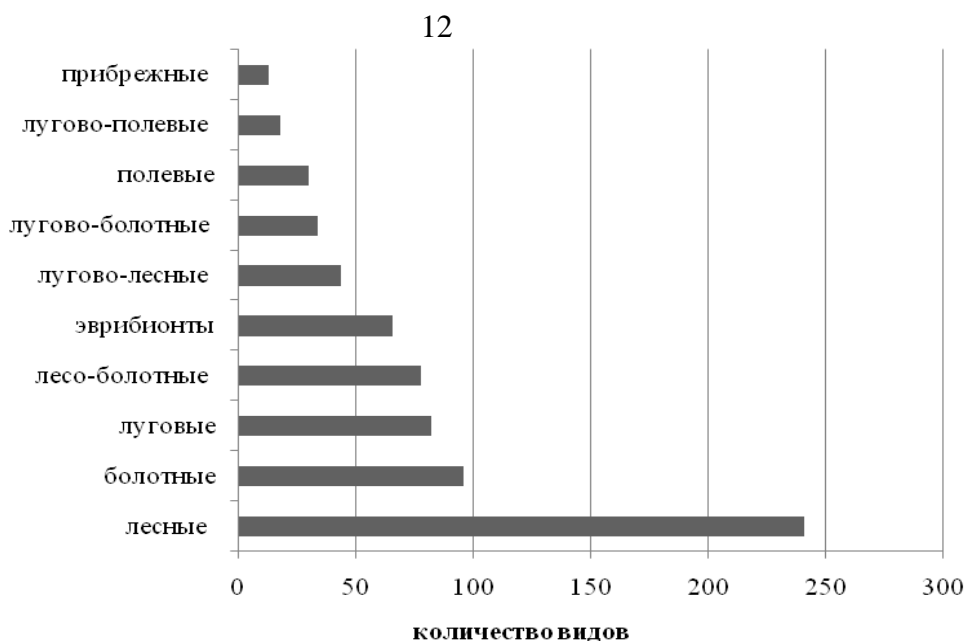
Таблица 1. – Таксономическая структура комплексов насекомых (Insecta, Ectognatha) верховых болот Белорусского Поозерья

Отряд	Количество подотрядов	Количество надсемейств	Количество семейств	Количество родов	Количество видов
Ephemeroptera	–	2	2	2	2
Odonata	2	5	7	18	35
Dictyoptera	1	–	1	1	1
Orthoptera	2	3	3	6	10
Psocoptera	1	–	1	1	2
Sternorrhyncha	–	3	4	17	21
Auchenorrhyncha	2	3	5	36	51
Heteroptera	–	17	22	68	94
Coleoptera	2	15	48	221	428
Neuroptera	1	–	2	6	13
Hymenoptera*	–	–	11	105	354
Mecoptera	–	–	1	1	1
Trichoptera	2	4	6	12	16
Lepidoptera	17	27	51	172	222
Diptera**	–	–	36	73	135
Всего 15	30	77	200	738	1384

Примечание: *по большинству таксонов, кроме Apidae и Formicidae, использованы литературные данные, **частично определены до семейства.

Следует отметить, что в других странах Европы, характеризующихся значительной площадью верховых болот, исследованиями были охвачены только отдельные таксоны, что не позволяло сформировать целостное представление о биоразнообразии насекомых верховых болот. Среди зарегистрированных видов 18 указаны впервые для Беларуси, 13 видов занесены в Красную книгу Республики Беларусь.

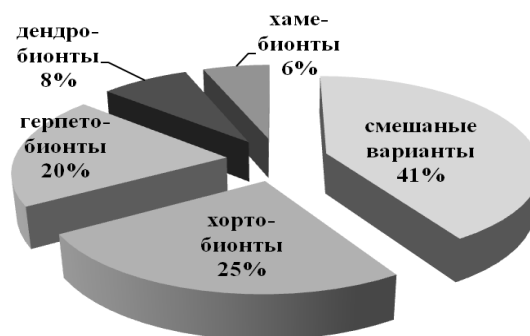
Анализ биотопических преферендумов выявленных насекомых продемонстрировал что, несмотря на избыточное увлажнение верховых болот и наличие водных объектов различных типов, подавляющее большинство (1229 видов) выявленных видов являются обитателями наземных биотопов, на порядок ниже (102 вида) гидробионтов и меньше всего (53 вида) амфибионтов. В числе наземных насекомых выявлены представители 10 различных биотопических групп, среди которых по количеству видов в разных таксонах большинство составляли обитатели не болот, а других экосистем, в частности лесов, а также эврибионты (Рисунок 2).



**Рисунок 2. – Распределение наземных насекомых верховых болот
Белорусского Поозерья по биотопическим группам**

Среди обитателей водных объектов отмечены обитатели стоячих вод (42,86–60,00 % от общего числа видов в разных таксонах), также стоячих и медленно текущих (44,00–4,29 %).

В вертикальном аспекте наибольшее число зарегистрированных видов являются обитателями травянисто-кустарничкового и мохового ярусов. В частности, в спектре фитобионтных групп доля хортобионтов составила 25,34 % от общего числа видов, герпетобионтов – 19,79 %, тогда как дендробионты (7,81 %) и хамебионты (5,92 %) были представлены хуже (Рисунок 3).



**Рисунок 3. – Соотношение (%) представителей разных фитобионтных групп
в структуре энтомокомплекса верховых болот Белорусского Поозерья**

По результатам анализа вертикального распределения насекомых, связанных с водной средой, отмечено преобладание по числу видов представителей пелаго-бентоса (57,14–100,0 %) над представителями эпинеястона (3,70–42,86 %). Преобладающими, по числу выявленных видов, трофическими группами являлись зоофаги (48,15 %) и фитофаги (44,85 %).

Среди фитофагов в разных таксонах около половины (50,00–60,80 %) видов – полифаги. В тоже время высока доля (28,00–47,62 %) олигофагов, трофически связанных со специализированными растениями верховых болот (Рисунок 4).

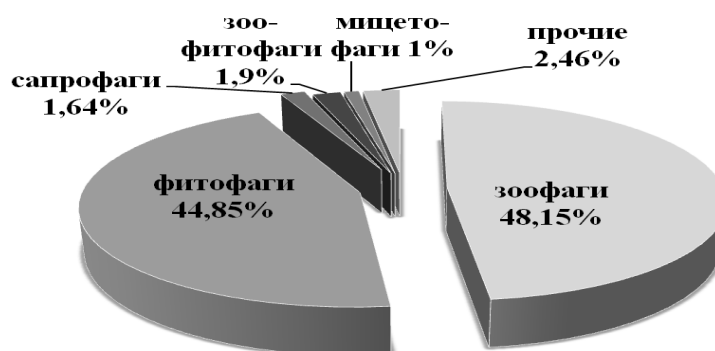


Рисунок 4. – Соотношение представителей разных трофических групп в структуре энтомокомплекса верховых болот Белорусского Поозерья

Наибольшее число видов фитофагов связано с кустарничками, среди которых выделялись голубика топяная (124 вида) и вереск (75 видов).

Период активности лета имаго насекомых большинства таксонов приходится на начало и середину лета. В частности, среди представителей 6 фенологических групп, наибольшим видовым богатством отличались раннелетняя и среднелетняя. В начале лета в учетах большинство составляли жесткокрылые (141 вид), в середине – чешуекрылые (70 видов), шеехоботные (19 видов) и стрекозы (15 видов). В конце лета их сменили представители позднелетней фенологической группы: полужесткокрылые (13 видов) и прямокрылые (9 видов) насекомые (Рисунок 5).

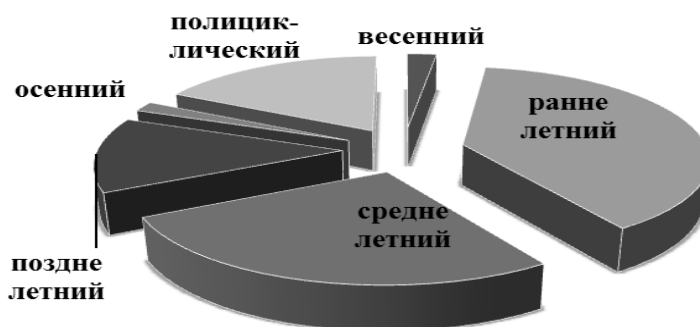
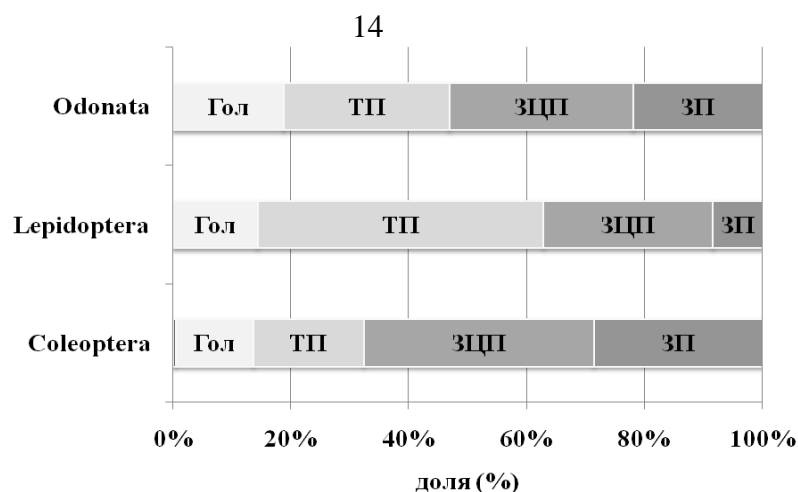


Рисунок 5. – Соотношение представителей разных фенологических групп имаго насекомых в структуре энтомокомплекса верховых болот Белорусского Поозерья

Ареалогический анализ показал преобладание видов, распространенных на территории Палеарктики, относящихся к крупным зоогеографическим комплексам: транспалеарктическому (18,73–48,50 %) и западно-центральнопалеарктическому (28,57–39,11 %) (Рисунок 6).



Гол – голарктический комплекс, ТП – транспалеарктический комплекс,
ЗЦП – западно-центральнопалеарктический комплекс,
ЗП – западно-палеарктический комплекс

Рисунок 6. – Зоогеографическая структура комплексов насекомых (Insecta: Odonata, Coleoptera, Macrolepidoptera) верховых болот Белорусского Поозерья

Доля видов с более широкими голарктическими (13,11–17,14 %) и более узкими западнопалеарктическими ареалами оказалась ниже.

По широтной составляющей ареала преобладали обитатели температурной зоны Голарктики и Палеарктики. Заметна и доля видов, распространенных в тундровой и таежной зонах: циркумполярные, циркумаркто-бореальные, циркумбореальные и трансевразийские бореальные виды в сумме составляли 25,71 % общего видового богатства стрекоз, жесткокрылых – 10,91 %, чешуекрылых – 19,16 %, что характеризует верховые болота как рефугиумы холодолюбивых насекомых.

Специфика экологических условий верховых болот умеренной зоны Европы способствует обитанию здесь целого ряда холодолюбивых видов. Многие аркто-бореальные и бореальные насекомые (*Aeschna subarctica*, *Clossiana frigga*, *Oeneis jutta*, *Teia antiquiodes*, *Aphthona erichsoni*, *Atheta arctica* и др.) на олиготрофных болотах региона, по которому проходила граница последнего оледенения, образуют локальные популяции на границах их ареалов.

Пространственное распределение и состав комплексов насекомых (Insecta, Ectognatha) верховых болот Белорусского Поозерья

В результате выполненных исследований выявлен таксономический состав энтомокомплексов различных местообитаний насекомых верховых болотах Белорусского Поозерья, который характеризуется наибольшей гетерогенностью в вертикальном аспекте и достаточно ограниченным числом представленных таксонов. По значениям показателя видового богатства выделяются энтомокомплексы травянисто-кустарничкового яруса (374 вида) по

сравнению с моховым (173 вида) и древесным (168 видов), тогда как в горизонтальном аспекте наиболее разнообразной таксономической структурой отличались биотопы склона болота (Рисунок 7).

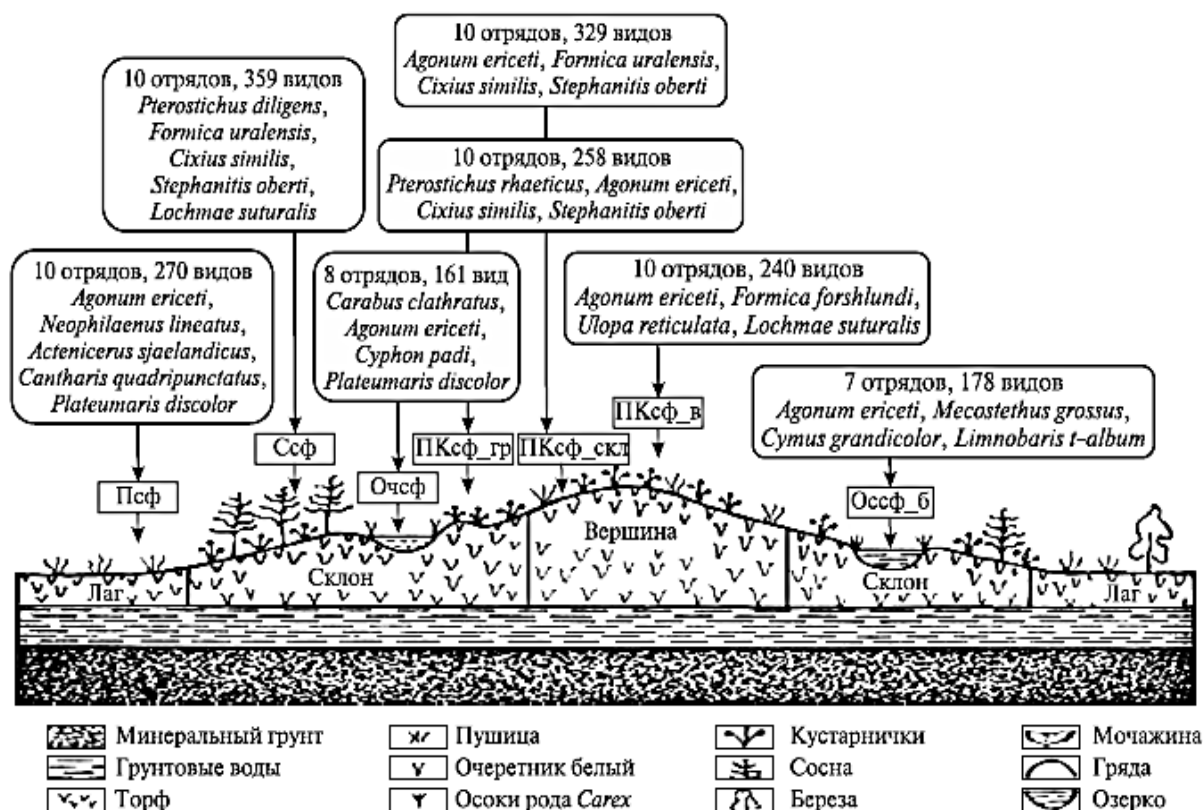


Рисунок 7. – Горизонтальное пространственное распределение насекомых на верховых болотах Белорусского Поозерья

Установлены значимые различия видового богатства и показателей учетной численности в градиенте местообитаний верховых болот: выделялись энтомокомплексы склона (258–359 видов, за исключением мочажин и берегов водоемов – 161–178 видов) относительно окраек (270 видов) и вершин (210 видов). Выполненная с использованием эстиматора Chao-1 прогностическая оценка видового богатства продемонстрировала значительное соответствие (65,20 – 93,00 %) числа выявленных видов потенциально возможному. Для показателей учетной плотности насекомых, которые были наиболее высокими также для энтомокомплексов сосняков сфагновых (5,17±0,04 экз./лов.-сут.; 91,2±0,7 экз./50 взм. энтомологического сачка) и кустарничково-пушицево-сфагновой ассоциации склона болот (4,28±0,12 экз./лов.-сут.; 87,2±0,64 экз./50 взм. энтомологического сачка), что характеризует экологические условия данных местообитаний среди других как наиболее оптимальные для насекомых.

Анализ относительного обилия насекомых показал, что энтомокомплексы верховых болот характеризуются доминированием ограниченного числа

узкоспециализированных видов, наиболее адаптированных к данным условиям среды: *Agonum ericeti* (51,69–64,44 %), *Lochmaea suturalis* (15,53–24,07 %), *Cixius similis* (8,14–13,76 %), *Stephanitis oberti* (20,78–25,61 %) и некоторых эврибионтов *Drusila canaliculata* (8,99–26,12 %), *Neophilaenus lineatus* (11,93–67,50 %), *Lepyronia coleoptrata* (6,77–19,19 %), *Lygus pratensis* (10,98–16,75 %), а также относительно небольшими изменениями видового состава группы доминантов. Это свидетельствует об экстремальности и достаточно высокой однородности экологических условий болотных местообитаний. Большая разнородность среды травянисто-кустарничкового яруса, по сравнению с моховым, вероятно, является причиной того, что число доминирующих видов расширяется среди Coleoptera до 5 видов, Auchenorrhyncha – до 7 видов, Heteroptera – до 8 видов.

Выполненный анализ разнообразия комплексов насекомых верховых болот продемонстрировал в целом невысокие показатели индекса Шеннона-Виннера ($H' = 0,665–1,930$). Наибольшим разнообразием и сходством отличались энтомокомплексы травянисто-кустарничкового яруса склона болот (Рисунок 8).

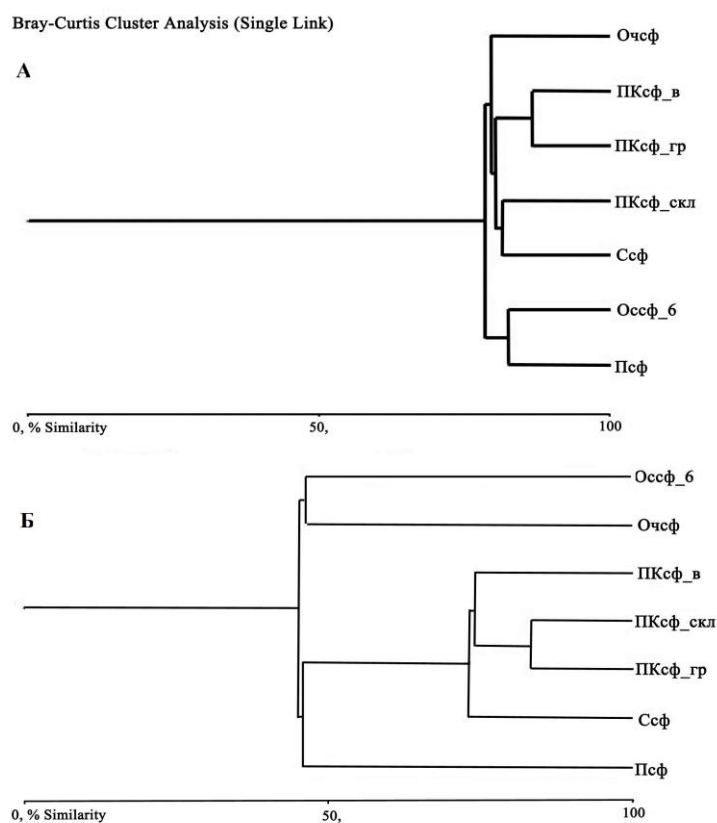
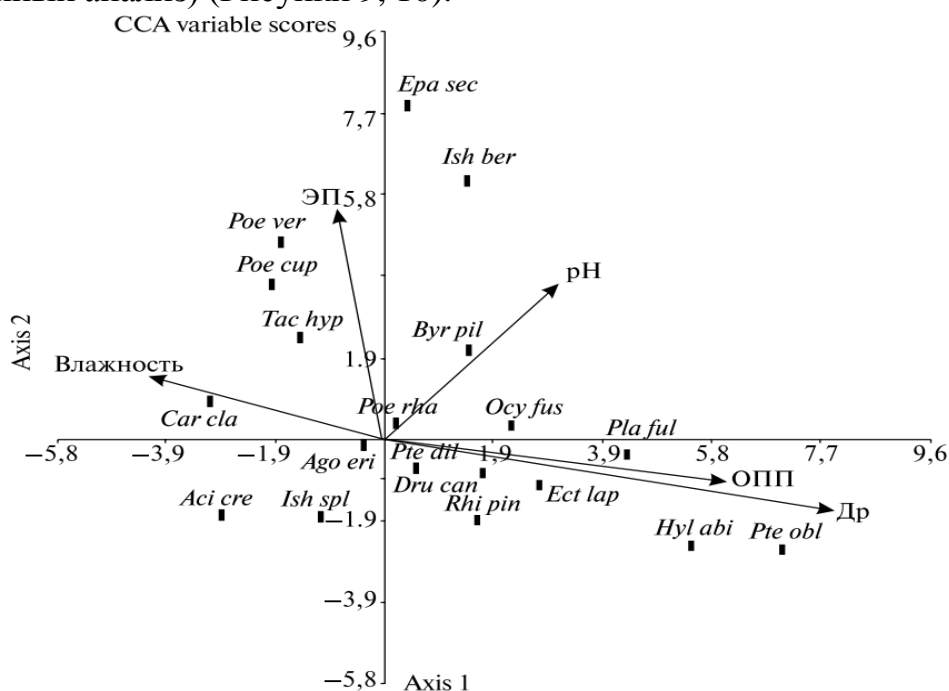


Рисунок 8. – Дендрограмма сходства комплексов насекомых мохового (А) травянисто-кустарничкового (Б) ярусов различных местообитаний на верховых болотах Белорусского Поозерья (на основе показателя динамической плотности)

Это энтомокомплексы сосняков сфагновых и открытых пушицево-кустарничково-сфагновых ассоциаций, что позволяет охарактеризовать их как места наибольшей концентрации биоразнообразия насекомых данных экосистем.

На основе проведенного многомерного анализа данных (NMDS) выявлены основные тренды пространственного распределения насекомых, которые заключаются в том, что большинство специализированных обитателей верховых болот (*Agonum ericeti*, *Pterostichus diligens*, *Cixius similis*, *Cacopsylla ledi*, *Stephanitis oberti*, *Cryptocephalus labiatus* и *Lochmaea suturalis*) и некоторые другие виды с высоким относительным обилием приурочены к открытым местообитаниям склона и вершины, не проявляя особой избирательности между ними, в то время как к экологическим условиям окраек и сосняков в наибольшей мере адаптированы эврибионтные и лесные виды (*Poecilus cupreus*, *Pterostichus oblongopunctatus*, *Hylobius abietis*, *Neophilaenus lineatus* и др.).

Выявлены (с помощью канонического анализа соответствий) ключевые факторы, обуславливающие обилие видов в пространственном градиенте, а также в целом видовое богатство и показатели учетной численности (используя дисперсионный анализ) (Рисунки 9, 10).

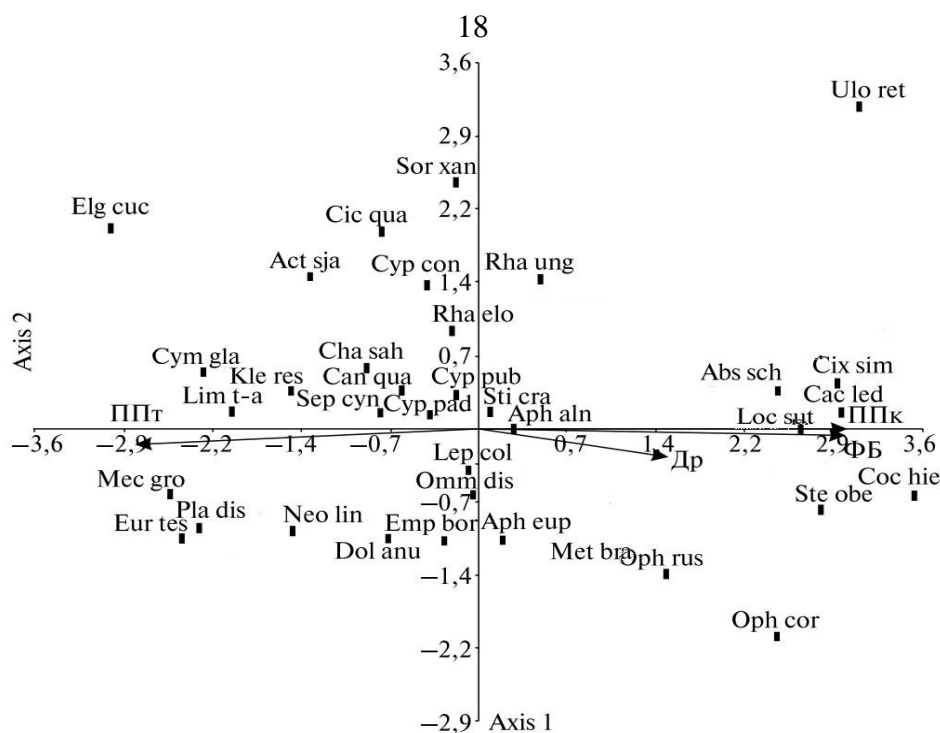


ЭП – электропроводимость; pH – кислотность; Др – наличие древостоя;

ОПП – общее проективное покрытие; *Ect lap* – *Ectobius lapponicus* (Dictyoptera),

Rhy pin – *Rhyarochromus pini* (Heteroptera), *Aci cre* – *Acidota crenata*, *Ago eri* – *Agonum ericeti*, *Byr pil* – *Byrrhus pilula*, *Cal mic* – *Calathus micropterus*, *Car cla* – *Carabus clathratus*, *Car hor* – *C. hortensis*, *Cyc car* – *Cychrus caraboides*, *Dru can* – *Drusila canaliculata*, *Hyl abi* – *Hylobius abietis*, *Ish ber* – *Ischnosoma bergrothi*, *Ish spl* – *Ischnosoma splendidum*, *Ocy fus* – *Ocyopus fuscatus*, *Pla ful* – *Platydacus fulvipes*, *Poe cup* – *Poecilus cupreus*, *Poe ver* – *P. versicolor*, *Pte dil* – *Pterostichus diligens*, *Pte obl* – *P. oblongopunctatus*, *Pte rha* – *P. rhaeticus*, *Sta ery* – *Staphylinus erythropterus*, *Tac hyp* – *Tachyporus hypnorum* (Coleoptera).

Рисунок 9. – Ординационная диаграмма ССА-взаимосвязи факторов среды и видового состава насекомых мохового яруса верховых болот Белорусского Поозерья



Др – наличие древесного яруса; ППТ – проективное покрытие трав;
 ППК – проективное покрытие кустарничков; ФБ – число видов сосудистых растений;

Mec gro – *Mecostethus grossus*, *Met bra* – *Metrioptera brachyptera* (Orthoptera),
Cac led – *Cacopsylla ledi* (Stenorrhyncha), *Aph aln* – *Aphrophora alni*, *Cic qua* – *Cicadula quadrinotata*,
Cix sim – *Cixius similis*, *Lep col* – *Lepyronia coleoptrata*, *Neo lin* – *Neophilaenus lineatus*,
Omm dis – *Ommatidiotus dissimilis*, *Oph cor* – *Ophiola cornicula*, *Oph rus* – *O. russeola*,
Sor xan – *Sorhoanus xanthoneurus*, *Ulo ret* – *Ulopa reticulata* (Auchenorrhyncha), *Eur tes* – *Eurygaster testudinarius*,
Cym gra – *Cymus grandicolor*, *Kle res* – *Kleidocerys resedae*, *Sti cra* – *Stictopleurus crassicornis* (Heteroptera),
Abs sch – *Absidia schoenherri*, *Act sja* – *Actenicerus sjaelandicus*,
Aph eup – *Aphthona euphorbiae*, *Can qua* – *Cantharis quadripunctata*, *Loc sut* – *Lochmaea suturalis*,
Cha sah – *Chaetocnema sahlbergii*, *Coc hie* – *Coccinella hieroglyphica*, *Cyp kon* – *Cyphon kongsbergensis*,
Cyp pad – *C. padi*, *Cyp pub* – *C. pubescens*, *Lim t-al* – *Limnobaris t-album*,
Pla dis – *Plateumaris discolor*, *Rha elo* – *Rhagonycha elongata* (Coleoptera),
Dol ann – *Dolichopus annulipes*, *Elg cuc* – *Elgiva cucularia*, *Empis borealis* – *Empis borealis*, *Rha ung* – *Rhamphomyia unguiculata*,
Sep cyn – *Sepsis cynipsea* (Diptera)

Рисунок 10. – Ординационная диаграмма ССА-взаимосвязи факторов среды и видового состава насекомых травянисто-кустарничкового яруса верховых болот Белорусского Поозерья

В частности, на обилие различных видов влияли минерализация, общее проективное покрытие сосудистых растений, включая наличие/отсутствие древесного яруса (данные переменные, вероятно, совместно определяют микроклиматические условия, так как проявляют корреляцию между собой), влажность, кислотность (в моховом ярусе), проективное покрытие трав, проективное покрытие кустарничков совместно с видовым богатством сосудистых растений (в травянисто-кустарничковом ярусе). Отмечено, что доминирующие специализированные виды герпетобионтов оказались толерантны к анализируемым факторам среды, что свидетельствует о более высокой адаптации к ним.

Динамика энтомокомплексов в условиях автогенной сукцессии экосистем верховых болот Белорусского Поозерья

Ход автогенной сукцессии на верховом болоте отражает состав современных растительных сообществ по градиенту от его края к вершине, а также ботанический состав торфяной залежи (Пидопличко, 1961; Богдановская-Гиенэф, 1969; Боч, Мазинг, 1979; Разумовский, 1981; Беленькі, Курзо, 1988; Еловичева и др., 2008). В частности, к пионерным стадиям относятся пушицевые фитоценозы окрайки с олиготрофными гидрологическими условиями. Их сменяют сосняки сфагновые и кустарничково-сфагновые ассоциации склона болот, которые замещаются субклимаксными сообществами с преобладанием вереска в центральной омбротрофной части (Разумовский, 1981). Субклимаксное состояние центральной части болот, сохраняющееся длительный промежуток времени, обусловлено дефицитом семян сосны в центре массива, что задерживает развитие климаксного сообщества, которым является сосновый лес, на неопределенно длительный срок (Мазинг, 1966, 1976; Разумовский, 1981). Учитывая вышесказанное, на сукцессионном градиенте, вследствие высокой устойчивости данных экосистем к климатическим воздействиям, можно продемонстрировать динамику энтомокомплексов. Наиболее подходящими объектами для таких исследований могут быть представители отрядов *Auchenorrhyncha* и *Coleoptera*, составляющие подавляющее большинство в структуре населения травянисто-кустарничкового яруса, образующие в нем устойчивые трофические и топические связи, обладающие сходными экологическими предпочтениями, но имеющие при этом значительные различия в биологии и экологии.

Отмечено, что комплексы насекомых данных таксонов продемонстрировали поступательные изменения видового богатства и учетной плотности в местообитаниях сукцессионного ряда. В частности, энтомокомплексы пионерных стадий характеризовались наибольшим видовым богатством (28 видов цикадовых и 46 видов жуков), что объясняется притоком видов мигрантов с прилегающих биоценозов, тогда как субклимаксные – наименьшим (17 видов цикадовых и 36 видов жуков), а также снижением числа видов с низким относительным обилием.

Выявлены основные тренды динамики показателей разнообразия, проявляющиеся в возрастании α -разнообразия энтомокомплексов промежуточных стадий сукцессии ($H'=2,356-2,801$) по сравнению с пионерными ($H'=1,530-2,520$) и субклимаксными ($H'=2,240-2,364$), а также в значительных различиях состава комплексов крайних в сукцессионном ряду местообитаний (пионерных и субклимаксных) с одной стороны, и высоком сходстве на промежуточных стадиях – с другой.

Основными факторами, определяющими динамику показателей индекса видового разнообразия и относительной численности насекомых в местообитаниях сукцессионного градиента, являются видовой состав высших сосудистых растений и проективное покрытие кустарничков (Таблицы 2, 3).

Таблица 2. – Результаты анализа (обобщенная линейная модель множественной регрессии, GLM) влияния факторов среды на видовое разнообразие и относительную численность шеехоботных насекомых (Ectognatha, Auchenorrhyncha) местообитаний сукцессионного ряда на верховом болоте

Параметры среды обитания	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка (SE)	t-статистика	Уровень значимости (p)
Видовое разнообразие (индекс Шеннона-Винера) цикадовых				
Проективное покрытие кустарничков	0,017	0,001	9,511	0,010
Проективное покрытие трав	-0,015	0,004	-3,520	0,072
Число видов сосудистых растений	0,124	0,009	13,691	0,005
Относительная численность (учетная плотность) цикадовых				
Проективное покрытие кустарничков	-5,367	0,146	-36,714	0,0007
Проективное покрытие трав	4,858	1,212	4,005	0,057
Число видов сосудистых растений	-37,265	3,308	-11,263	0,007

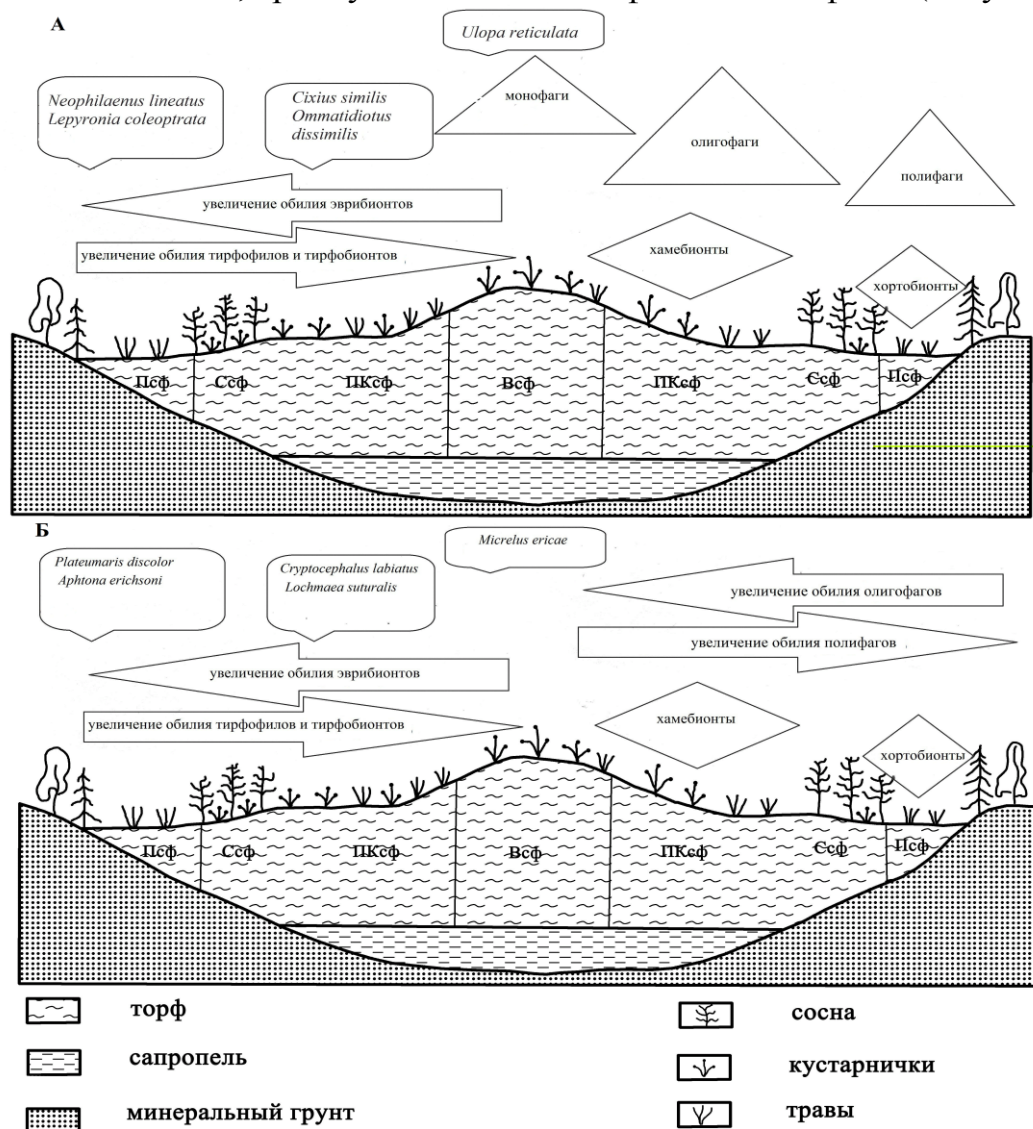
Таблица 3. – Результаты анализа (обобщенная линейная модель множественной регрессии, GLM) влияния факторов среды на видовое разнообразие и относительную численность жесткокрылых насекомых (Ectognatha, Coleoptera) местообитаний различных стадий сукцессии на верховом болоте

Параметры среды обитания	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка (SE)	t-статистика	Уровень значимости (p)
Видовое разнообразие (индекс Шеннона-Винера) жесткокрылых				
Проективное покрытие кустарничков	-0,0004	0,005	-0,078	0,003
Проективное покрытие трав	-0,0005	0,005	-0,100	0,929
Число видов сосудистых растений	0,002	0,038	0,052	0,962
Относительная численность (учетная плотность) жесткокрылых				
Проективное покрытие кустарничков	1,003	0,217	4,619	0,043
Проективное покрытие трав	-0,935	0,262	-3,561	0,070
Число видов сосудистых растений	6,823	1,913	3,566	0,040

Данные факторы характеризуют имеющиеся пищевые ресурсы насекомых фитофагов, притом, что эти растения определяют здесь и специфические микроклиматические условия.

Анализ состава экологических групп насекомых показал, что ранние стадии наиболее благоприятны для обитания ограниченного числа хортобионтов, трофически связанных с пушицей и другими осоковыми, переходные – для

хамебионтов, преимущественно олигофагов и монофагов вересковоцветных, поздние – для немногих хамебионтов, преимущественно олигофагов и монофагов (Рисунок 11).



Псф – пушицево-сфагновые окрайки (пионерные стадии); Ссф – сосново-кустарничково-сфагновые склона (промежуточные стадии); ПКсф – кустарничково-пушицево-сфагновые склона (промежуточные стадии); Всф – вересково-сфагновые (субклимакс)

Рисунок 11. – Основные изменения в комплексах шеехоботных насекомых (Ectognatha, Auchenorrhyncha) (А) и жесткокрылых насекомых (Ectognatha, Coleoptera) (Б) местообитаний разных стадий сукцессии на верховом болоте

При этом относительное обилие характерных обитателей верховых болот (тирфобионтов и тирфофилов) возрастало в ряду от пионерных к субклимаксным комплексам.

Многие представители рассмотренных отрядов, отличающиеся высокой специализацией к обитанию на верховых болотах, как показал проведенный анализ главных компонент, приурочены к местообитаниям определенной стадии сукцессии, что позволяет причислить их к биоиндикаторам автогенных сукцессионных процессов в данных экосистемах и делает эти виды удобными индикаторами экологического состояния болот. При этом с пионерными стадиями

ассоциированы специализированные обитатели верховых болот – хортобионты, трофически связанные с *Eriophorum vaginatum* и *Carex* spp., такие как *Plateumaris discolor*, *Aphthona erichsoni* (Coleoptera), *Ommatidiotus dissimilis*, *Cicadula quadrinotata* (Auchenorrhyncha) и др., с местообитаниями промежуточных стадий связаны хамебионты, питающиеся вересковыми кустарничками – тирфобионты и тирфофилы *Cixius similis*, *Ophiola russeola* (Auchenorrhyncha), *Cryptocephalus labiatus*, *Lochmaea suturalis* (Coleoptera) и др., с субклимаксными стадиями – тирфофилы, хамебионты, монофаги вереска *Ulopa reticulata* (Auchenorrhyncha) и *Micrelus ericae* (Coleoptera).

Реконструированы основные направления сукцессионных перестроек энтомокомплексов верховых болот в историческом аспекте. В частности заселение болот олиготрофной стадии развития насекомыми в Раннем Голоцене, когда в фитоценозах преобладали сосна, гигрофильные сфагновые мхи, пушицы и другие осоки, видами, трофически связанными с этими растениями, осуществлялось преимущественно хортобионтами, сфагниками и дендробионтами. Ключевым был Атлантический период Среднего Голоцена, когда холодолюбивые, хамебионтные насекомые перигляциального комплекса, связанные трофически с верескоцветными кустарничками, нашли убежища на верховых болотах. В Субатлантический период Позднего Голоцена на вершинах болот сформировались безлесные ассоциации с преобладанием ксерофильного мха *Sphagnum fuscum*, что послужило предпосылкой к формированию энтомокомплексов субклимаксных стадий сукцессии.

Изменения в энтомокомплексах верховых болот Белорусского Поозерья в минувшее столетие в первую очередь связаны с осушением, рекреационным воздействием, увеличением площади сельхозугодий, а также изменением регионального климата. Это проявляется в проникновении в данные экосистемы некоторых южных видов и вредителей культивируемых растений. На мелиорированных болотах видовой состав насекомых изменяется в зависимости от типа разработки и степени нарушенности. В первую очередь изменение местообитаний обуславливает уменьшение числа видов и обилия специализированных болотных видов (тирфобионтов и тирфофилов).

Экологическая структура и основные пути формирования комплекса специализированных насекомых (тирфобионтов и тирфофилов) верховых болот Белорусского Поозерья

На примере Белорусского Поозерья показано, что 10,11 % от общего числа видов насекомых, зарегистрированных на верховых болотах, составляют специализированные обитатели данных экосистем. В частности, выявлено 140 видов, из которых 43 тирфобионтных, ассоциированных только с верховыми

болотами, и 97 тирфофильных видов, которые могут обитать и в некоторых других биотопах со сходными экологическими условиями. Несмотря на относительно невысокое видовое богатство, они преобладают по относительному обилию во всех местообитаниях, в отличие от других зарегистрированных видов насекомых.

Специализированные виды насекомых в основном ассоциированы с верховыми болотами как с местообитаниями с более холодным микроклиматом, особыми эдафическими условиями и специфическим составом комплекса растительности. Важно отметить, что к настоящему времени нет доказательств того, что эти популяции насекомых представляют собой реликтовые группировки, как считалось ранее, относящиеся к плейстоценовым ледниковым стадиям (Sommer et al. 2016). Однако, уже в раннем и среднем Голоцене тирфобионты в Центральной Европе, вероятно, были приурочены исключительно к верховым болотам (Spitzer, Danks 2006, Sommer et al. 2016).

Выявлено, что основными экологическими аспектами, способствующими адаптации насекомых к верховым болотам в условиях Белорусского Поозерья, являются топические (доля хамебионтов – 68,29 %) и трофические (доля олигофагов верескоцветных кустарничков – 29,57 %) связи с травянисто-кустарничковым ярусом.

Отмечено, что наблюдаемые в настоящее время специализированные топические связи насекомых и верховых болот унаследованы от более древних болотных и неболотных экосистем, так как большинство тирфобионтных видов, зарегистрированных в Белорусском Поозерье, на севере Европы населяют различные иные местообитания. В более южных регионах, включая Беларусь, большинство этих видов находит подходящие местообитания только на верховых болотах. Отдельные наиболее холодолюбивые субарктические и аркто-альпийские виды до южных границ распространения верховых болот в Центральной Европе не доходят (Mikkola, Spitzer 1983; Spitzer, Danks 2006).

Анализ современного географического распространения и трофических предпочтений указывает на два основных пути колонизации верховых болот специализированными насекомыми после завершения покровного оледенения: с восточного направления (уральских и сибирских рефугиумов) и с южного (европейских, преимущественно юго-западных рефугиумов). Об этом свидетельствует одновременное участие и высокая доля в их комплексе циркумбореальных (6,67% – 11,63 %), трансевразийских бореальных (10,47–20,00 %) и евро-сибирских (11,63–33,33 %) видов, в числе которых фитофаги, питающиеся бореальными и тундровыми кустарничками, такими как *O. palustris*, *V. uliginosum*, *L. palustre* и др., так и обладающих европейскими

ареалами (20,00–24,42 %) трофически и топически ассоциированных с амфиатлантическими видами растений (*C. vulgaris* и *E. nigrum*) (Таблица 4).

Таблица 4. – Структура зоогеографических комплексов насекомых (Insecta, Ectognatha) специализированных обитателей верховых болот в условиях Белорусского Поозерья

Тип ареала	Травянисто-кустарничковый ярус			Моховый ярус		
	тирфо-бионты	тирфо-филы	всех специализированных видов	тирфо-бионты	тирфо-филы	всех специализированных видов
Европейский	27,59	22,41	24,42	–	27,27	20,00
Западнопалеарктический	3,45	6,90	5,81	–	–	–
Евро-сибирский	3,45	15,52	11,63	50,00	27,27	33,33
Евро-сибирско-центральноазиатский	–	5,17	3,49	–	18,18	13,33
Евро-казахстанский	–	–	–	–	–	–
Западно-центральнопалеарктический	–	6,90	4,65	–	–	–
Трансевразийский аркто-бореальный	–	–	–	–	–	–
Трансевразийский бореальный	17,24	8,62	10,47	50,00	9,09	20,00
Трансевразийский температурно-южносибирский	–	3,45	2,33	–	–	–
Трансевразийский температурный	3,45	6,90	5,81	0,00	9,09	6,67
Транспалеарктический полизональный	3,45	6,90	5,81	–	–	–
Циркумаркто-бореальный	13,79	1,72	5,81	–	–	–
Циркумбореальный	17,24	8,62	11,63	–	9,09	6,67
Циркумтемператный	10,34	6,90	8,14	–	–	–

Вследствие этого можно констатировать, что верховые болота Белорусского Поозерья, как наименее нарушенные в Центральной Европе, являются не только палеорефугиумами биологического разнообразия холодолюбивых видов насекомых, но и путями миграции на север видов более южных широт с экологическими предпочтениями (кислые, бедные минеральным питанием почвы), сходными с условиями болотных экосистем, которые характерны для европейских верещатников.

Для установления филогенетического родства популяций тирфофильных видов из различных регионов Европы и Азии на примере чешуекрылых *Plebejus argus* (семейство Lycaenidae) и *Boloria euphrosyne* (семейство Nymphalidae) была проведена оценка уровня генетических различий между

последовательностями нуклеотидов 5'-концевого фрагмента гена митохондральной ДНК цитохром-оксидазы I (COI). Данные модельные виды, численно преобладающие на всех исследованных болотах, широко распространены на верховых болотах Центральной Европы в целом, и в разных частях ареала приурочены к различным местообитаниям и кормовым растениями, в числе которых представители флоры верховых болот (Spitzer, Danks 2006). Исследования последовательностей нуклеотидов гена COI и результаты построения на их основе филогенетического древа позволили выдвинуть предположение о расселении *P. argus* и *V. euphrosyne* на территории Беларуси из различных рефугиумов (юго-западных и восточных), аналогичное таковому по результатам анализа зоогеографических комплексов специализированных видов верховых болот в целом (Рисунки 12, 13).

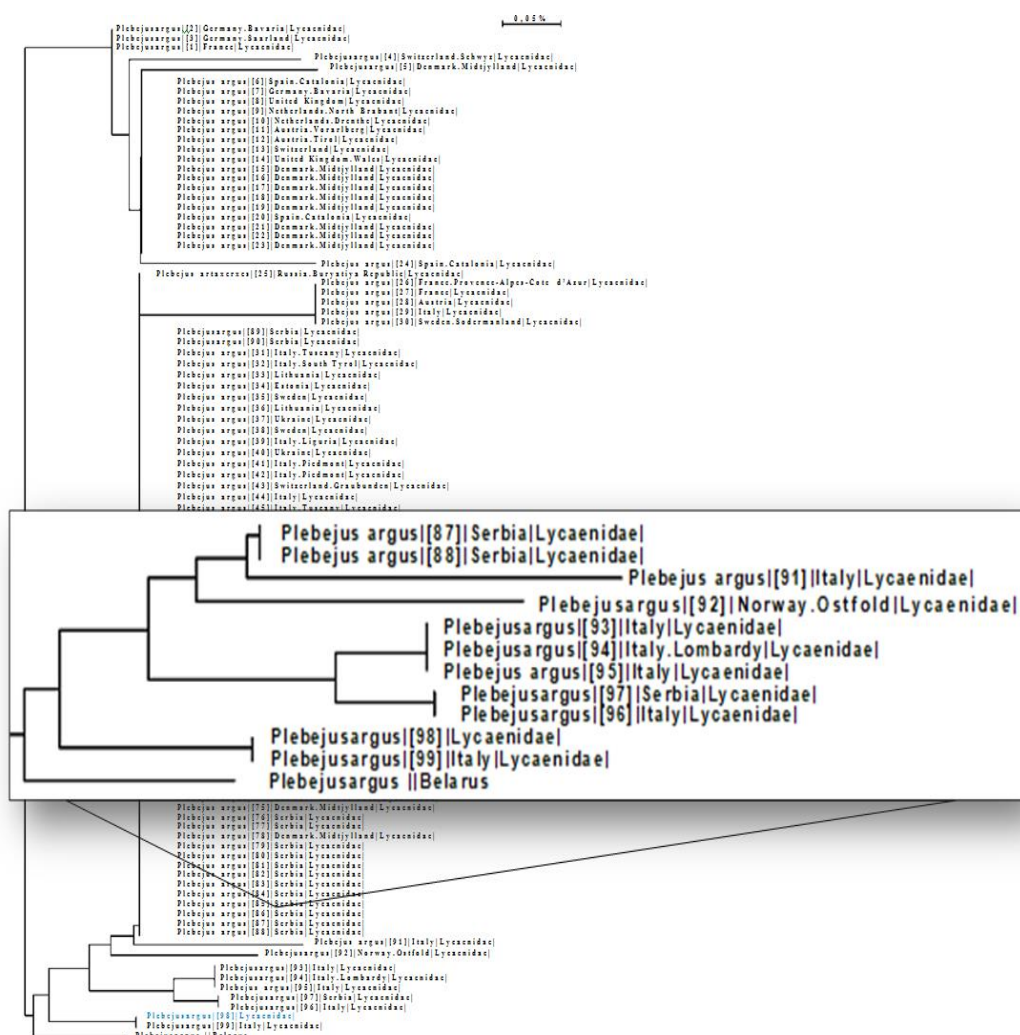


Рисунок 12. – Филограмма, построенная на основе анализа последовательности нуклеотидов 5'-концевого фрагмента гена COI митохондральной ДНК *Plebejus argus*

наземных биотопов (1229 видов), преимущественно лесов (238 видов), хортобионты (25,34 %) и герпетобионты (19,79 %). Преобладающими функциональными группами являлись зоофаги (48,51 %) и фитофаги (44,35 %), среди которых в разных таксонах превалировали полифаги (50,00%–60,80 %) и олигофаги (28,00–47,62 %), в наибольшей степени трофически связанные с кустарничками. Период активности имаго насекомых большинства отрядов приходится на начало и середину лета [1–4, 6, 7, 11–14, 17–19, 21, 24, 32, 36, 37, 39, 40–42, 44, 45, 49, 50–57, 59, 63, 66, 67, 71, 72].

2. Ареалогический анализ показал преобладание видов, распространенных на территории Палеарктики, относящихся к крупным зоогеографическим комплексам: транспалеарктическому (18,73 % – 48,50 %) и западно-центральнопалеарктическому (28,57 % – 39,11 %). Доля видов с более широкими голарктическими (13,11 % – 17,14 %) ареалами и более узкими западнопалеарктическими (8,38 % – 28,57 %), оказалась ниже. По широтной составляющей ареала преобладали виды – обитатели температурной зоны Голарктики и Палеарктики. Стабильна доля видов, распространенных в тундровой и таежной зонах (от 10,91 % до 25,71 % выявленных видов в различных таксонах), что характеризует верховые болота как рефугиумы холодолюбивых насекомых в умеренной зоне Европы [1, 23, 27, 53].

3. Выявлены основные тренды изменений таксономического состава, видового богатства и численности энтомокомплексов в градиенте основных местообитаний верховых болот Белорусского Поозерья. Таксономический состав характеризуется наибольшей гетерогенностью в вертикальном аспекте, тогда как в горизонтальном наиболее разнообразной таксономической структурой отличались биотопы склона болота, что указывает на более оптимальные экологические условия данных местообитаний. Эти энтомокомплексы (258–359 видов) выделялись и по видовому богатству относительно окраек (270 видов) и вершин болот (210 видов). Сходные тенденции выявлены и для показателей учетной численности, которые были наиболее высокими также в энтомокомплексах сосняков сфагновых и кустарничково-пушицево-сфагновой ассоциации склона, что также характеризует экологические условия данных местообитаний среди других как наиболее оптимальные для насекомых. При этом отмечено доминирование ограниченного числа узкоспециализированных видов, а также относительно небольшие изменения видового состава группы доминантов, что свидетельствует об экстремальности и достаточно высокой однородности экологических условий болотных местообитаний.

Выполненный анализ разнообразия энтомокомплексов продемонстрировал в целом невысокие показатели индекса Шеннона-Виннера ($H' = 0,665–1,930$).

Общей тенденцией изменения концентрации доминирования, как и выровненности, во всех ярусах является ее высокие значения в энтомокомплексах местообитаний с преобладанием травянистой растительности ($D=0,046-0,355$), по сравнению с местообитаниями с хорошо развитым кустарничковым ярусом ($D=0,021-0,251$). Распределение обилия видов в моделях ранг/обилие свидетельствует о том, что основная доля ресурсов используется несколькими наиболее многочисленными видами насекомых. Наибольшим разнообразием и сходством отличались энтомокомплексы травянисто-кустарничкового яруса склона болот, в частности сосняков сфагновых и открытых пушицево-кустарничково-сфагновых ассоциаций, что позволяет охарактеризовать их как места наибольшей концентрации биоразнообразия насекомых данных экосистем. При этом к данным биотопам приурочено большинство специализированных обитателей верховых болот и некоторые другие виды с высоким обилием, которые не проявляют особой избирательности между ними.

Выявлено, что ключевыми факторами, обуславливающими обилие видов в пространственном градиенте, являются минерализация, общее проективное покрытие сосудистых растений и наличие/отсутствие древесного яруса, влажность, кислотность (в моховом ярусе), проективное покрытие трав, проективное покрытие кустарничков совместно с видовым богатством сосудистых растений (в травянисто-кустарничковом). Отмечено, что доминирующие специализированные виды герпетобионтов оказались толерантны к анализируемым факторам среды, что свидетельствует о более высокой адаптации к ним. Тогда как на видовое богатство в целом влияют минерализация и общее проективное покрытие сосудистых растений (в моховом ярусе), а на показатели учетной численности – режим влажности (в моховом ярусе) и проективное покрытие трав и кустарничков (в травянисто-кустарничковом ярусе) [1, 8–10, 22, 25, 28–30, 34, 43, 47, 62, 70].

4. Определен характер динамики комплексов насекомых модельных таксонов (Auchenorrhyncha и Coleoptera) в связи с автогенными сукцессионными процессами верховых болот. Основные тенденции изменения видового богатства – снижение числа видов в градиенте от пионерных стадий (28 видов цикадовых и 46 видов жуков) к субклимаксным (17 видов цикадок и 36 видов жуков), тогда как изменения учетной численности заключаются в средних значениях на промежуточных стадиях, а также поступательном снижении числа видов представленных 1-2 особями и возрастании обилия отдельных специализированных видов. Для показателей α -разнообразия выявлены максимальные значения на промежуточных стадиях сукцессии ($H'=2,356-2,801$), для показателей β -разнообразия – наибольшие отличия

энтомокомплексов пионерных и субклимаксных стадий от остальных. Основными факторами, определяющими динамику индекса видового разнообразия и учетной численности комплексов насекомых в сукцессионном градиенте, были видовой состав высших сосудистых растений и проективное покрытие кустарничков, характеризующие имеющиеся пищевые ресурсы для насекомых-фитофагов притом, что эти растения определяют специфические микроклиматические условия. Экологические условия пионерных стадий наиболее благоприятны для обитания ограниченного числа хортобионтов, трофически связанных с пушицей и другими осоковыми, переходные – для хамебионтов, преимущественно олигофагов и монофагов верескоцветных, поздние – для немногих хамебионтов, многие из которых олигофаги и монофаги. При этом относительное обилие характерных обитателей верховых болот (тирфобионтов и тирфофилов) возрастало в ряду от пионерных к субклимаксным комплексам. Многие представители рассмотренных отрядов, как показал проведенный анализ главных компонент, приурочены к местообитаниям определенной стадии сукцессии, что позволяет причислить их к биоиндикаторам автогенных сукцессионных процессов в данных экосистемах, и делает эти виды удобными индикаторами экологического состояния болот.

Реконструированы основные направления сукцессионных перестроек энтомокомплексов верховых болот в историческом аспекте. В частности заселение болот олиготрофной стадии развития насекомыми в Раннем Голоцене, когда в фитоценозах преобладали сосна, гигрофильные сфагновые мхи, пушицы и другие осоки, видами, трофически связанными с этими растениями, осуществлялось преимущественно хортобионтами, сфагниколами и дендробионтами. Ключевым был Атлантический период Среднего Голоцена, когда холодолюбивые, хамебионтные насекомые перигляциального комплекса, связанные трофически с верескоцветными кустарничками, нашли убежища на верховых болотах. В Субатлантический период Позднего Голоцена на вершинах болот сформировались безлесные ассоциации с преобладанием ксерофильного мха *Sphagnum fuscum*, что послужило предпосылкой к формированию энтомокомплексов субклимаксных стадий сукцессии. На современном этапе комплекс пополняется теплолюбивыми формами, а также мигрирующими из агроценозов вредителями сельскохозяйственных культур [16, 18, 26, 31, 33, 35, 48, 61].

5. Проанализированы экологические предпочтения специализированных обитателей верховых болот в условиях Белорусского Поозерья, составляющие 10,11 % от общего числа зарегистрированных видов насекомых, среди которых 140 видов ассоциированы исключительно с верховыми болотами

(тирфобионты), и 97 видов могут обитать и в некоторых других биотопах (тирфофилы). Основными экологическими аспектами, способствующими адаптации насекомых к верховым болотам в условиях Белорусского Поозерья, являются топические (доля хамебионтов – 68,29 %) и трофические (доля олигофагов верескоцветных кустарничков – 29,57 %) связи с травянисто-кустарничковым ярусом унаследованные от более древних болотных и неболотных экосистем.

Анализ современного географического распространения, трофических предпочтений тирфобионтов и тирфофилов и исследование последовательностей нуклеотидов гена COI модельных тирфофильных чешуекрылых (*P. argus* и *B. euphrosyne*) указывает на два основных пути колонизации верховых болот специализированными насекомыми после завершения покровного оледенения: с восточного направления (уральских и сибирских рефугиумов) и с южного (европейских, преимущественно юго-западных рефугиумов). Об этом свидетельствует одновременное участие и высокая доля в их комплексе циркумбореальных (6,67 % – 11,63 %), трансевразийских бореальных (10,47 % – 20,00 %) и евро-сибирских (11,63 % – 33,33 %) видов, в числе которых фитофаги, питающиеся бореальными и тундровыми кустарничками, такими как *O. palustris*, *V. uliginosum*, *L. palustre* и др., так и обладающих европейскими ареалами (20,00 % – 24,42 %) трофически и топически ассоциированных с амфиатлантическими видами растений (*C. vulgaris* и *E. nigrum*). Результаты построения филогенетического дерева модельных видов продемонстрировали сходство нуклеотидных последовательностей концевой фрагмента гена COI с аналогичными последовательностями преимущественно из Италии и Сербии с одной стороны (для *P. argus*) и с образцами из азиатской части России (Алтайский край, Чукотский автономный округ, Камчатский край) – с другой (для *B. euphrosyne*) [5, 15, 20, 60, 64, 65, 68, 69].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Полученные результаты могут быть использованы в мониторинге состояния болотных экосистем [16, 20, 31] (акт внедрения от 8.10.2009), при проектировании особо охраняемых природных территорий [38, 49], при составлении списков редких и охраняемых видов животных Беларуси [41, 49, 55], при определении круга фитофагов – вредителей дикорастущих и культивируемых ягодников рода *Vaccinium* [15], а также для разработки мероприятий по охране и рациональному использованию биологических ресурсов, таких как дикорастущие ягодники и лекарственные растения (акт внедрения от 6.03.2013), в организации постоянного мониторинга за санитарно-

эпидемическим состоянием региона и здоровьем населения (акты внедрения от 19.09.2010; 26.05.2012) [19] и экологическом туризме (акты внедрения от 19.09.2010; 26.05.2012; 12.03.2015) [17, 46, 57].

В ходе исследований полученный материал реализован в ряде конкретных практических разработок.

1. Перечень местообитаний на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) Витебской области 13 видов насекомых, внесенных в Красную книгу Республики Беларусь и 13 видов из списка профилактической охраны (акты внедрения от 14.12.2011; 6.03.2013; 4.02.2015), которые применены для разработки комплекса мер по их охране на территории ООПТ республиканского значения и для оптимизации и проектирования ООПТ местного значения в Витебской области.

2. Турпродукты, созданные при поддержке ЕС/ПРООН в рамках проекта «Содействие развитию всеобъемлющей структуры международного сотрудничества в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь» для ГПУ «Ельня» ([greenlogic.by/content/files/Elnya/Documents/entomologist report](http://greenlogic.by/content/files/Elnya/Documents/entomologist_report); акты внедрения от 11.11.2013).

3. Зеленый маршрут, созданный при выполнении задания Витебского областного управления по физической культуре, спорту и туризму для государственного природоохранного учреждения «Ельня» (акт внедрения от 15.09.2010).

4. Информационные материалы для экотуризма для государственного природоохранного учреждения «Ельня» (акты внедрения от 4.11.2011; 12.09.2012).

5. Методические рекомендации для проведения экологических экскурсий на территории государственных природоохранных учреждений «Ельня» и «Березинский биосферный заповедник» (акты внедрения от 4.11.2011; 29.02.2012; 9.06.2014) [71, 72].

Результаты исследований внедрены в учебный процесс ВУЗов в курсы «Зоология», «Основы зоологии», «Энтомология», «Экология животных» «Животный мир Беларуси», Учебная зоолого-ботаническая практика в Учреждениях образования «Гродненский государственный университет имени Я. Купалы» и «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова» (акты внедрения от 7.03.2013; 15.12.2014; 17.02.2015).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ*Монографии*

1. Сушко, Г.Г. Современное состояние и эколого-таксономическая структура сообществ насекомых верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко. – Минск : БГУ, 2017. – 207 с.

Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК

2. Сушко, Г.Г. Чешуекрылые (Lepidoptera : Protoheterocera, Pupalidodea) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, В.И. Пискунов // Веснік ВДУ. – 2007. – № 3 (45). – С. 134–138.

3. Чешуекрылые (Lepidoptera : Geometridae, Drepanidae, Lassiocampidae, Saturniidae) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.В. Кулак, И.А. Солодовников, В.И. Пискунов // Веснік ВДУ. – 2008. – № 1 (47). – С. 150–154.

4. Чешуекрылые (Lepidoptera, Noctuoidea) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.В. Кулак, И.А. Солодовников, В.И. Пискунов // Веснік ВДУ. – 2008. – № 3 (49). – С. 131–136.

5. Сушко, Г.Г. Особенности биотопического распределения чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Веснік ГрДУ. Серія 2. Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка, вылічальная тэхніка і кіраванне. Біялогія. – 2009. – № 1 (77). – С. 146–152.

6. Сушко, Г.Г. Цикадовые (Homoptera, Auchenorrhyncha) верховых болот Беларуси / Г.Г. Сушко, О.И. Бородин // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. – 2009. – № 3. – С. 28–32.

7. Сушко, Г.Г. Чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, И.А. Солодовников, А.В. Кулак // Веснік ВДУ. – 2009. – № 2 (52). – С. 142–147.

8. Сушко, Г.Г. Эколого-фаунистический обзор чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Ученые записки УО «ВГУ им. П.М. Машерова». – 2009. – Т. 8. – С. 230–238.

9. Сушко, Г.Г. Состав и структура сообществ цикадовых (Homoptera, Auchenorrhyncha) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, О.И. Бородин // Веснік ГрДУ. Серія 2. Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка, вылічальная тэхніка і кіраванне. Біялогія. – 2009. – № 3 (87). – С. 157–162.

10. Сушко, Г.Г. Эколого-фаунистический обзор герпетобионтных насекомых (Insecta, Ectognatha) на верховых болотах Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Природные ресурсы Беларуси. – 2010. – № 1. – С. 58–64.

11. Сушко, Г.Г. Стрекозы (Insecta, Odonata) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Веснік ГрДУ. Серыя 2. Матэматыка. Фізіка. Інфарматыка, вылічальная тэхніка і кіраванне. Біялогія. – 2010. – № 3 (102). – С. 124–128.

12. Парамонов, Н.М. К познанию фауны типулоидных комаров (Diptera: Tipuloidea) верховых болот Республики Беларусь / Н.М. Парамонов, Г.Г. Сушко // Веснік ВДУ. – 2010. – № 4 (58). – С. 43–46.

13. Сушко, Г.Г. Полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.В. Лукашук // Веснік ВДУ. – 2011. – № 2 (62). – С. 54–60.

14. Сушко, Г.Г. Сирфиды (Diptera, Syrphidae) верховых болот Беларуси / Г.Г. Сушко // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. – 2012. – № 2. – С. 49–53.

15. Сушко, Г.Г. Насекомые в консорциях дикорастущих ягодников и других верескоцветных на верховых болотах Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, В.В. Шкатуло // Веснік ВДУ. – 2013. – № 3 (75). – С. 50–61.

16. Сушко, Г.Г. Современное состояние и основные тенденции изменений комплексов насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) трансформированных верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, В.В. Шкатуло // Веснік ВДУ. – 2014. – № 4 (82). – С. 46–56.

17. Сушко, Г.Г. Прикладные и методические аспекты экотуризма на верховых болотах Витебской области / Г.Г. Сушко // Веснік ВДУ. – 2015. – № 1 (85). – С. 44–50.

18. Сушко, Г.Г. История формирования энтомокомплексов верхового болота Ельня / Г.Г. Сушко // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. – 2015. – № 1. – С. 47–52.

19. Сушко, Г.Г. Слепни (Insecta: Diptera, Tabanidae) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Веснік ГрДУ. Серыя 5. Эканоміка. Сацыялогія. Біялогія. – 2015. – № 1 (188). – С. 125–130.

20. Сушко, Г.Г. Насекомые – как индикаторы экологического состояния верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Труды БГУ. – 2015. – Т. 10, Ч. 1. – С. 359–367.

Стат'ї в зарубєжних навучних рецензуемых журналах

21. Sushko, G. Beetles (Coleoptera) of Raised Bogs in North-Western Belarus (Belarusian Land O'Lakes) / G. Sushko // Baltic Journal of Coleopterology. – 2007. – Vol.7, № 2. – P. 207–214.

22. Sushko, G. Spatial distribution of epigeic beetles (Insecta, Coleoptera) in the "Yelnia" peat bog / G. Sushko // *Baltic Journal of Coleopterology*. – 2014. – Vol. 14, № 2. – P. 151–161.

23. Sushko, G.G. The zoogeographic composition of the insect fauna (Odonata, Coleoptera, Macrolepidoptera) in the raised bogs of the Belarusian Lakeland / G.G. Sushko // *Entomological review*. – 2014. – Vol. 94, № 1, – P. 40–48.

24. Sushko, G. Heteroptera (Insecta: Hemiptera) of the peat bogs of Belarusian Lakeland / G. Sushko // *Biologia*. – 2016. – Vol. 71, № 6. – P. 688–694.

25. Sushko, G. Species Composition and Diversity of the True Bugs (Hemiptera, Heteroptera) of a Raised Bog in Belarus / G. Sushko // *Wetlands*. – 2016. – Vol. 36, № 6. – P. 1025–1032.

26. Sushko, G. Succession changes in diversity and assemblages composition of planthoppers and leafhoppers in natural ancient peat bogs in Belarus / G. Sushko // *Biodiversity and Conservation*. – 2016. – Vol. 25, № 14. – P. 2947–2963.

27. Sushko, G. Species composition and zoogeography of the rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) of raised bogs of Belarus / G. Sushko // *North-Western Journal of Zoology*. – 2016. – Vol. 12, № 2. – P. 220–229.

28. Sushko, G.G. Taxonomic composition and species diversity of insect assemblages in grass–shrub cover of peat bogs in Belarus / G.G. Sushko // *Contemporary Problems of Ecology*. – 2017. – Vol. 10, № 3. – P. 259–270.

29. Sushko, G.G. Diversity and species composition of beetles in the herb-shrub layer of a large isolated raised bog in Belarus / G.G. Sushko // *Mires and Peat*. – 2017. – Vol. 19, № 10. – P. 1–14.

30. Sushko, G. Effect of vegetation cover on the abundance and diversity of ladybirds (Coccinellidae) assemblages in a peat bog / G. Sushko // *Biologia*. – 2018. – Vol. 73, № 4. – P. 371–377.

31. Remm, L. Dragonfly fauna in rewetted mires in Belarus: diverse but different from natural sites / L. Remm, G. Sushko // *Wetlands Ecology and Management*. – 2018. – Vol. 26, № 6. – P. 1173–1180.

32. Sushko, G. Rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) of a large pristine peat bog in Belarus Lake District / G. Sushko // *Fragmenta Faunistica*. – 2018. – Vol. 61, № 2. – P. 99–104.

33. Sushko, G. Autogenic ecological succession of a pristine peat bog: focus on factors affecting beetle diversity / G. Sushko // *Ecoscience*. – 2019. – Vol. 26, № 2. – P. 165–175.

34. Sushko, G. Key factors affecting the diversity of sphagnum cover inhabitants with the focus on ground beetle assemblages in Central-Eastern European peat bogs / G. Sushko // *Community ecology*. – 2019. – Vol. 20, № 1. – P. 45–52.

35. Сушко, Г.Г. Реконструкция генезиса фаунистических комплексов насекомых (Insecta, Ectognatha) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Палеонтологический журнал. – 2019. – № 4. – С. 1–9.

Статьи в сборниках и коллективных изданиях

36. Сушко, Г.Г. Чешуекрылые (Insecta, Macrolepidoptera) гидрологического заказника «Болото Мох» / Г.Г. Сушко // Особо охраняемые природные территории Беларуси : Исследования / Управление делами Президента РБ, ГПУ «Березинский биосферный заповедник». – Минск, 2008. – Вып. 3. – С. 99–104.

37. Сушко, Г.Г. Чешуекрылые (Insecta, Macrolepidoptera) ООПТ на верховых болотах Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Биологическое разнообразие Белорусского Поозерья : монография / Л.М. Мержвинский [и др.] / УО «ВГУ им. П.М. Машерова» ; под ред. Л.М. Мержвинского. – Витебск, 2011. – С. 183–196.

38. Ивановский, В.В. Проектируемый заказник «Лебединый Мох», Республика Беларусь / В.В. Ивановский, С.В. Левый, Г.Г. Сушко // Водно-болотные угодья особого природноохранного значения вдоль границы Беларуси, России и Украины : сборник научных статей ; под ред. А.К. Благовидова. – М., 2014. – С. 27–30.

39. Сушко, Г.Г. Двукрылые (Insecta, Diptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Современное состояние и динамика биоразнообразия водно-болотных экосистем Белорусского Поозерья : монография / В.Я. Кузьменко [и др.] / УО «ВГУ им. П.М. Машерова» ; под ред. В.Я. Кузьменко. – Витебск, 2015. – С. 240–256.

Материалы конференций

40. Солодовников, И.А. К фауне совок (Lepidoptera, Noctuidae) верхового болота охотничьего заказника Козьяны / И.А. Солодовников, Е.А. Держинский, Г.Г. Сушко // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья : современное состояние, перспективы развития : материалы II международной научной конференции, Витебск, 13–14 декабря 2005 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : А.М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2005. – С. 163–165.

41. Сушко, Г.Г. Охраняемые виды насекомых верховых болот Беларуси / Г.Г. Сушко // Современные экологические проблемы устойчивого развития Полесского региона и сопредельных территорий : материалы IV международной научно-практической конференции, Мозырь,

24–25 сентября 2009 г. / МозГПУ ; редкол. : В.В. Валетов [и др.]. – Мозырь, 2009. – С. 153–154.

42. Сушко, Г.Г. Верховые болота Витебской области : современное состояние, меры охраны / Г.Г. Сушко // Растительность болот : современные проблемы, классификация, картография, история и охрана : материалы международного научно-практического семинара, Минск, 30 сентября – 1 октября 2009 г. / ИЭБ НАН Беларуси ; редкол. : Н.А. Ламан [и др.]. – Минск, 2009. – С. 233–236.

43. Сушко, Г.Г. Насекомые (Insecta, Ectognatha) травянисто-кустарничкового яруса на верховом болоте / Г.Г. Сушко // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : материалы международной научно-практической конференции и X зоологической конференции, Минск, 18–20 ноября 2009 г.: в 2 частях / ГНПО “НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам” ; редкол. : А.В. Пугачевский [и др.]. – Минск, 2009. – Ч. 1. – С. 241–243.

44. Дударев, А.Н. К познанию стрекоз верхового болота «Ельня» / А.Н. Дударев, Г.Г. Сушко // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья : современное состояние, перспективы развития : материалы III международной научной конференции, Витебск, 16–17 декабря, 2009 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : А.М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2009. – С. 116–117.

45. Материалы по водным насекомым (Insecta: Trichoptera, Odonata, Heteroptera, Coleoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, Е. Бесядка, С. Чахоровски, К. Левандовски // Охраняемые природные территории и объекты Белорусского Поозерья : современное состояние, перспективы развития : материалы III международной научной конференции, Витебск, 16–17 декабря, 2009 г. / ВГУ имени П.М. Машерова; редкол. : А.М. Дорофеев [и др.]. – Витебск, 2009. – С. 174–175.

46. Сушко, Г.Г. Экологический туризм как фактор укрепления здоровья и повышения уровня экологической грамотности населения / Г.Г. Сушко, Г.А. Захарова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XV (62) региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, посвящённой 100-летию со дня основания УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск, 3–5 марта 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : А.П. Солодков [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 98–99.

47. Станулевич, Ю.В. Насекомые мохово-почвенного покрова и травяно-кустарничкового яруса верхового болота д. Рыбница (Гродненская область, Беларусь) / Ю.В. Станулевич, А.А. Тешко, Г.Г. Сушко // Актуальные проблемы

экологии : материалы VI международной научно-практической конференции, Гродно, 27–29 октября 2010 г. / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол. : И.Б. Заводник (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2010. – С. 140–141.

48. Экосистемы верховых болот Белорусского Поозерья: современное состояние, проблемы использования и охраны / Г.Г. Сушко, В.Я. Кузьменко, А.А. Лешко, Л.М. Мержвинский, М.И. Бобрик // Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий : современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 16–17 декабря 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : В.Я. Кузьменко (отв. ред.) [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 16–20.

49. Ивановский, В.В. Охраняемые животные потенциальной ООПТ «Глоданский мох» / В.В. Ивановский, Г.Г. Сушко, Л.П. Жуков // Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий : современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 16–17 декабря 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : В.Я. Кузьменко [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 58–60.

50. Лукашук, А.О. Таксономический состав наземных полужесткокрылых (Heteroptera) верховых болот Витебской области / А.О. Лукашук, Г.Г. Сушко // Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий : современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 16–17 декабря 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : В.Я. Кузьменко [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 87–89.

51. Сушко, Г.Г. Слепни (Diptera, Tabanidae) верховых болот Беларуси / Г.Г. Сушко, СВ. Айбулатов // Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий: современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 16–17 декабря 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : В.Я. Кузьменко [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 119–121.

52. Водные полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera) водоемов верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, Е. Бесядка, А.О. Лукашук, А.Н. Дударев // Экосистемы болот и озер Белорусского Поозерья и сопредельных территорий : современное состояние, проблемы использования и охраны : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 16–17 декабря 2010 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : В.Я. Кузьменко [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 121–123.

53. Дударев, А.Н. К познанию ручейников (Insecta, Trichoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / А.Н. Дударев, Г.Г. Сушко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XVI (63) региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск, 16–17 марта 2011 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : А.П. Солодков [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 102–103.

54. Сушко, Г.Г. Эколого-фаунистический обзор насекомых (Insecta, Ectognatha) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Фундаментальные проблемы энтомологии в XXI веке : материалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 16–20 мая 2011 г. / Кафедра энтомологии СПбГУ ; редкол. : В.Л. Кипятков [и др.]. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 167.

55. Сушко, Г.Г. Редкие и охраняемые виды насекомых – обитателей верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, В.В. Шкатуло, И.И. Борок // Красная книга Республики Беларусь : состояние, проблемы, перспективы : материалы международной научной конференции, Витебск, 13–15 декабря 2011 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. В.Я. Кузьменко [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 171–173.

56. Сушко, Г.Г. Антофильные насекомые верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы XVII (64) региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов УО «ВГУ им. П.М. Машерова», Витебск, 14–15 марта 2012 г. / УО «ВГУ им. П.М. Машерова» ; редкол. : А.П. Солодков [и др.]. – Витебск, 2012. – Т. 1. – С. 87–89.

57. Сушко, Г.Г. Гидрологический заказник «Болото мох» – современное состояние и перспективы использования в экотуризме / Г.Г. Сушко, И.И. Борок // Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых природных территорий Республики Беларусь : материалы международной научно-практической конференции, п. Домжерицы, Березинский биосферный заповедник, 24–26 сентября 2012 г. / редкол. : В.С. Ивкович [и др.]. – Минск : Белорусский Дом печати, 2012. – С. 324–326.

58. Сушко, Г.Г. Зоогеографический состав населения насекомых верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Зоологические чтения : материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора И.К. Лопатина, Гродно, 14–16 марта 2013 г. / ГрГУ имени Я. Купалы; редкол. : О.В. Янчуревич [и др.]. – Гродно, 2013. – С. 285–287.

59. Сушко, Г.Г. Муравьи (Hymenoptera, Formicidae) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения : материалы международной научно-практической конференции, Витебск, 21–22 ноября 2013 г. / ВГУ имени П.М. Машерова ; редкол. : И.М. Прищепа [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 215–216.

60. Сушко, Г.Г. ООПТ Белорусского Поозерья – как рефугиумы холодолюбивых видов насекомых в умеренной зоне Европы / Г.Г. Сушко // Перспективы сохранения и рационального использования природных комплексов особо охраняемых природных территорий : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Березинского заповедника и 20-летию присвоения ему Европейского Диплома для охраняемых территорий, п. Домжерицы, 26–29 августа. 2015 г. / Управление делами Президента Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В.С. Ивкович [и др.]. – Минск : Белорусский Дом печати, 2015. – С. 323–325.

61. Сушко, Г.Г. Экологические особенности комплексов жуужелиц ранних стадий сукцессии на верховом болоте / Г.Г. Сушко // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы : материалы I международной научно-практической конференции, Минск, 8–10 сентября 2015 г. / ГНПО «НПЦ НАН РБ по биоресурсам» ; редкол. : О.И. Бородин [и др.]. – Минск, 2015. – С. 262–265.

62. Сушко, Г.Г. Бета-разнообразие насекомых (Insecta, Ectognatha) мохового яруса верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов : материалы III международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика Н.В. Смольского, Минск, 7–9 октября 2015 / ЦБС НАН Беларуси ; редкол. : В.В. Титок [и др.]. – Минск, 2015. – Ч. 2. – С. 294–297.

63. Сушко Г.Г. Эколога-таксономический обзор сетчатокрылых насекомых (Insecta, Neuroptera) верховых болот Беларуси / Г.Г. Сушко // VIII Галкинские чтения : материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 2–3 февраля 2017 / БИН им. В. Л. Комарова РАН ; редкол. : Т.К. Юрковская [и др.]. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 112–113.

64. Сушко, Г.Г. Тирфобионтные и тирфофильные насекомые Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко // Итоги и перспективы развития энтомологии Восточной Европы : материалы II международной научно-практической конференции, Минск, 6–8 сентября 2017 г. / ГНПО «НПЦ НАН РБ по биоресурсам» ; редкол. : О.И. Бородин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 417–430.

65. Сушко, Г.Г. Пути формирования популяций чешуекрылых *Plebejus argus* (Linnaeus, 1758) и *Boloria euphrosyne* (Linnaeus, 1758) в Голоцене и экологические факторы, определяющих их расселение на верховых болотах в Беларуси / Г.Г. Сушко, Н.В. Воронова // Актуальные проблемы зоологической науки в Беларуси : материалы XI зоологической международной научно-практической конференции, приуроченной к десятилетию основания ГНПО «НПЦ НАН РБ по биоресурсам», Минск, 1–3 ноября 2017 / ГНПО «НПЦ НАН РБ по биоресурсам» ; редкол. : О.И. Бородин [и др.]. – Минск, 2017. – С. 450–456.

Тезисы докладов конференций

66. Sushko, G. Rare and protected species of beetles from peat bogs of Belarus / G. Sushko // Abstracts of the 51st International Scientific Conference of Daugavpils University, Daugavpils, 15–18 April, 2009 / Daugavpils University ; D. Olehnovičs (ed.). – Daugavpils, 2009. – P. 28.

67. Sushko, G. The Dragonflies (Isecta, Odonata) of raised bogs of Belarus Land O’Lakes / G.G. Sushko // Abstracts of the 52st International Scientific Conference of Daugavpils University, Daugavpils, 14–16 April, 2010 / Daugavpils University ; D. Olehnovičs (ed.). – Daugavpils, 2010. – P. 43.

68. Dapkus, D. Macrolepidoptera of Lithuanian and Belarus peatlands / D. Dapkus, G. Suško, A. Kulak // Abstracts of the XXVIII Nordic–Baltic Congress of Entomology, Birštonas, Lithuania 2–7 August, 2010 / Vilnius University, Lithuanian Entomological Society ; A. Petrašiūnas (ed.). – Birštonas, 2010. – P. 10–11.

69. Sushko, G. Trophic relations of Lepidoptera and bog plant species in raised bogs of the Belarusian Land O’Lakes / G. Sushko, O. Galanina // From wild forest reindeer to biodiversity studies and environmental education : Abstracts of the 20 years anniversary symposium of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship, 5–6 October, 2011 / Finnish environment institute ; Outi Isokääntä, Jari Heikkilä (eds.). – Helsinki, 2011. – P. 52.

70. Sushko, G. Biodiversity of aquatic insects of raised bogs of Northern Belarus / G. Sushko // Abstracts of the 8-st International Conference on Biodiversity Research (ICBR), Daugavpils, Latvia. 28–30 April, 2015. / Daugavpils University ; A. Barševskis (ed.). – Daugavpils, 2015. – P. 148.

Методические рекомендации

71. Сушко, Г.Г. Чешуекрылые (Lepidoptera, Rhopalocera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2013. – 12 с.

72. Сушко, Г.Г. Стрекозы верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.О. Лукашук. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2013. – 10 с.

Сушко Генадзій Генадзьевіч

**ЭКОЛАГА-ТАКСАНАМІЧНАЯ СТРУКТУРА І ДЫНАМІКА
ЭНТОМОКОМПЛЕКСАЎ ВЕРХАВЫХ БАЛОТ
БЕЛАРУСКАГА ПАЗЕР'Я**

Ключавыя словы: верхавыя балоты, комплексы насякомых, экалагічная структура, зоагеаграфічныя комплексы, біразнастайнасць, экалагічныя фактары, прасторавае размеркаванне, аўтагенная сукцэсія, спецыялізаваныя віды, Беларускае Пазер'е.

Мэта даследавання: вызначыць сучасную экалага-таксанамічную структуру, заканамернасці прасторавага размеркавання і змены комплексаў насякомых у ходзе сукцэсіі верхавых балот Беларускага Пазер'я.

Метады даследавання: глебава-заалагічныя, энтамалагічныя, гідрабіялагічныя, параўнальна-экалагічныя, статыстычныя, зоагеаграфічныя, малекулярна-генетычныя.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Упершыню для эталонных малапарушаных верхавых балот Беларускага Пазер'я дадзена дэталёвая экалага-таксанамічных адзнака складу энтомокомплексаў, што дазваляе сфарміраваць цэласнае ўяўленне аб экалагічнай структуры і дае параўнальны матэрыял для выяўлення асноўных тэндэнцый трансфармацыі экасістэм верхавых балот. Устаноўлены спецыфічныя асаблівасці структуры энтомокомплексаў верхавых балот, іх α - і β -разнастайнасці і выяўлены заканамернасці, якія вызначаюць прасторавае размеркаванне насякомых у залежнасці ад фактараў асяроддзя. Прадэманстраваны трэнд трансфармацыі комплексаў насякомых ва ўмовах аўтагенай сукцэсіі і выяўлены ключавыя фактары, якія абумавляюць дынаміку відавой разнастайнасці і экалагічных групавак у залежнасці ад сукцесійнага градыенту расліннасці экасістэм верхавых балот Пазерскага рэгіёну. Упершыню рэканструяваны шляхі фарміравання комплексаў насякомых – спецыялізаваных насельнікаў верхавых балот Беларускага Пазер'я.

Вобласць ужывання: экалогія і ахова прыроды, зоагеаграфія, малекулярная генетыка, адукацыя і экалагічная асвета.

РЕЗЮМЕ

Сушко Геннадий Геннадьевич

ЭКОЛОГО-ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ЭНТОМОКОМПЛЕКСОВ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

Ключевые слова: верховые болота, комплексы насекомых, экологическая структура, зоогеографические комплексы, биоразнообразие, экологические факторы, пространственное распределение, автогенная сукцессия, специализированные виды, Белорусское Поозерье.

Цель исследования: установить современную эколого-таксономическую структуру, закономерности пространственного распределения и изменения комплексов насекомых в ходе сукцессии верховых болот Белорусского Поозерья.

Методы исследования: почвенно-зоологические, энтомологические, гидробиологические, сравнительно-экологические, статистические, зоогеографические, молекулярно-генетические.

Полученные результаты и их новизна: Впервые для эталонных малонарушенных верховых болот Белорусского Поозерья дана детальная эколого-таксономическая оценка состава энтомокомплексов, что позволяет сформировать целостное представление об экологической структуре и дает сравнительный материал для выявления основных тенденций трансформации экосистем верховых болот. Выявлены специфические особенности структуры энтомокомплексов верховых болот, их α - и β -разнообразия и выявлены закономерности, определяющие пространственное распределение насекомых в зависимости от факторов среды. Продемонстрированы тренды трансформации комплексов насекомых в условиях автогенной сукцессии и выявлены ключевые факторы, обуславливающие динамику видового разнообразия и экологических группировок в зависимости от сукцессионного градиента растительности экосистем верховых болот Поозерского региона. Впервые реконструированы пути формирования комплексов насекомых – специализированных обитателей верховых болот Белорусского Поозерья.

Область применения: экология и охрана природы, зоогеография, молекулярная генетика, образование и экологическое просвещение.

SUMMARY

Henadzy H. Sushko

ECOLOGICAL-TAXONOMICAL STRUCTURE AND DYNAMICS OF ENTOMOCOMPLEXES OF THE PEAT BOGS OF BELARUSIAN LAKELAND

Key words: peat bogs, insect complexes, ecological structure, zoogeographical complexes, biodiversity, ecological factors, spatial distribution, autogenic succession, specialized species, Belarusian Lakeland.

The aims of the work the following: to establish a modern ecological and taxonomic structure, patterns of spatial distribution and changes in insect assemblages during the succession of the peat bogs of the Belarusian Lakeland.

Methods of research: soil-zoological, entomological, hydrobiological, comparative-ecological, statistical, zoogeographical, molecular genetics.

The obtained results and their novelty: For the first time, a detailed ecological and taxonomic assessment of the peat bog insect assemblages of the Belarusian Lakeland was conducted. This allows forming a holistic conception of their ecological structure and provides comparative material for studying the main trends in the transformation of these ecosystems. Specific features of the structure peat bog insect assemblages, their α - and β -diversity are demonstrated, and the key environmental factors of the spatial distribution of insects were recorded. The main trends of autogenic succession of peat bog insect assemblages and the key factors affecting diversity and ecological group composition along succession gradient habitats are revealed. For the first time the ways of formation of insect complexes which are specialized peat bog dwellers of the Belarusian Lakeland are reconstructed.

Field of application: ecology and nature protection, zoogeography, molecular genetics, education and environmental education.