

Современное состояние и основные тенденции изменений комплексов насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) трансформированных верховых болот Белорусского Поозерья

Г.Г. Сушко, В.В. Шкатуло

Учреждение образования

«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

В Беларуси насчитывается около 1650 болот верхового типа. Интенсивное их использование в течение длительного времени заметно снизило долю ненарушенных болот. В естественном состоянии сегодня сохранилось всего 29,2% их общей площади. Сильная деградация за последние 50–60 лет уменьшила положительное влияние верховых болот на глобальные экологические процессы. В связи с этим изучение биоразнообразия верховых болот представляет собой несомненный научный интерес, в том числе такой обширной группы беспозвоночных животных, как насекомые.

Цель работы – оценка современного состояния и основных тенденций изменений в комплексах насекомых трансформированных верховых болот на примере модельных групп (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera).

Материал и методы. Сборы проводились с 2009 по 2013 г. на 5 верховых болотах в Витебской области. Сбор материала осуществлялся в растительных ассоциациях различной степени нарушенности, а также в контрольных ассоциациях.

Метод сбора – кошение энтомологическим сачком. Для количественного учета использовались пробы по 50 взмахов в пятикратной повторности в каждой, которые проводились еженедельно, начиная с конца апреля до середины октября.

Для оценки сходства комплексов насекомых был применен кластерный анализ по качественным данным по методу невзвешенного попарного среднего (UPGMA) с применением коэффициента сходства Сьеренсена. Для выявления дифференциации в энтомокомплексах был использован факторный анализ (Canonical Correspondence Analysis). Для статистической обработки материала применялись программы Microsoft Excel и MVSP 3.21.

Результаты и их обсуждение. На верховых болотах Белорусского Поозерья, подверженных антропогенному вмешательству, на модельных группах установлен уровень дифференциации комплексов насекомых в соответствии со степенью трансформации их местообитаний. Это свойственно для специализированных болотных видов. Они предпочитают болота слабой и средней степени трансформации. Такие энтомокомплексы имеют наибольшее сходство с естественными, поэтому можно предположить о протекании в них отчетливых восстановительных процессов. На болотах сильной степени трансформации подобные процессы крайне затруднены. Наименее сходны с естественными комплексы насекомых болот с очень сильной степенью нарушенности, где за прошедшие после торфоразработок 50 лет произошли коренные перестройки фитоценозов, что свидетельствует о невозможности восстановительных процессов. Основными факторами биотопического распределения насекомых являются гидрологический режим и флористическое разнообразие, что подтверждено методами корреляционного и факторного анализа (CCA). Меньшее влияние оказывают проективное покрытие кустарничков и наличие сфагнового покрова, а общее проективное покрытие и проективное покрытие трав являются еще менее значимыми. Установлена корреляция видового богатства с флористическим разнообразием, а относительная численность – с флористическим разнообразием и наличием сфагнового покрова.

Заключение. Установленный уровень дифференциации видового состава и обилия насекомых нарушенных верховых болот позволил распределить энтомокомплексы соответственно степени трансформации их местообитаний. Выявлена зависимость распределения специализированных болотных видов от степени трансформации.

Для подтверждения наших предположений о ведущей роли состава и структуры растительности в распределении насекомых нарушенных болот были применены методы корреляционного и факторного анализа данных.

Ключевые слова: насекомые, верховые болота, антропогенная трансформация, Белорусское Поозерье.

Modern Condition and Trends of the Main Changes within the Insect Complexes of Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera in Transformed Peat Bogs of Belarusian Lakeland

G.G. Sushko, V.V. Shkatulo

Educational establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

In Belarus there are about 1650 peat bogs. Their heavy use during a long time has reduced the share of non violated bogs. In natural state their share nowadays is 29,2% of the total area. Heavy degradation during the last 50–60 years has reduced positive impact of peat bogs on global ecological processes. Consequently, the study of biological variation of peat bogs is of great research interest, including that of the vast group of insects.

The purpose of the work is assessment of the contemporary state and basic tendencies in the changes within insect complexes in transformed bogs on the example of the model groups of Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera.

Material and methods. Collections were made from 2009 to 2013 on 5 peat bogs in Vitebsk Region. Collection of the material was made in vegetation associations with different damage degrees as well as in control associations.

The method of collection is mowing with an entomological net. For quantitative record samples of 50 waves in five-fold repetition in each were used, which were made daily from late April to mid October.

To assess likeness of insect complexes, cluster analysis on qualitative data using the method of non suspended pair average (UPGMA) was applied using the coefficient of likeness by Sierenssen. To find out differentiations in entomological complexes factor analysis (Canonical Correspondence Analysis) was used. Statistic processing of the material was made with Microsoft Excel and MVSP 3.21.

Findings and their discussion. In peat bogs of Belarusian Lakeland (Poozeriye), under anthropological influence, in model groups the differentiation level in insect complexes was identified in accordance with the degree of transformation of their habitats. It is typical of specialized bog types. They prefer bogs with weak and moderate transformation degree. Such entomological complexes have greatest likeness with natural ones, so we can suppose distinct rehabilitation processes taking place in them. In bogs with the heavy degree of transformation such processes can hardly happen. The least alike the natural are the insect complexes of bogs with a very strong degree of damage, where during the 50 years after peat extraction basic transformations of phytocenoses took place, which makes rehabilitation processes impossible. Basic factors of biotope distribution of insects are hydrological mode and floristic variation, which is confirmed with the methods of correlation and factor analysis (CCA). Design covering of bushes and presence of sphagnum cover are of less influence; general design covering and design covering of grass are still less significant. Correlation of species richness with floristic diversity was established; relative quantity correlated with floristic diversity and presence of sphagnum cover.

Conclusion. The established level of differentiation of species composition and abundance of insects of damaged peat bogs made it possible to distribute entomological complexes in accordance with the degree of transformation of their habitat. Dependence of the distribution of specialized bog types on transformation degree was established.

To support our suppositions on the leading role of the composition and structure of vegetation in the distribution of insects of damaged bogs, methods of correlation and factor data analysis were used.

Key words: insects, peat bogs, anthropogenic transformation, Belarusian Lakeland.

В Беларуси насчитывается около 1650 болот верхового типа. Интенсивное их использование в течение длительного времени заметно снизило долю ненарушенных болот. В естественном состоянии сегодня сохранилось всего 29,2% их общей площади. В Витебской области сосредоточено 24,2% от общего количества верховых болот. Среди них 4% выработаны и не находят применения, а 3,2% – полностью осушены и используются для различных целей, а остальные 40,1% олиготрофных массивов осушены частично и содержат естественные участки [1]. Сильная деградация за последние 50–60 лет уменьшила положительное влияние верховых болот на глобальные экологические процессы из-за нарушений циклов газообмена, сокращения местообитаний исчезающих в Европе видов растений и животных [2].

В связи с этим изучение биоразнообразия верховых болот представляет несомненный научный интерес, в том числе такой обширной группы беспозвоночных животных, как насекомые. К настоящему времени накоплен материал по видовому составу и экологическим особенностям ряда крупных таксонов насекомых естественных и трансформированных верховых болот региона [3–8]. Однако до сих пор не предпринимались попытки оценки изменений в энтомокомплексах в связи с их нарушением в результате антропогенного вмешательства, в то время как особенности трансформации растительности, гидрологии и геохимических свойств верховых

болот республики являются изученными [1]. Поэтому целью данной работы стала оценка современного состояния и основных тенденций изменений в комплексах насекомых трансформированных верховых болот на примере модельных групп. В качестве модельных групп выбраны насекомые из отрядов, богатых таксономически и экологически неоднородных, таких, как Auchenorrhyncha, Heteroptera и Coleoptera.

Материал и методы. Сборы проводились с 2009 по 2013 г. на 5 верховых болотах в Витебской области. «Городнянский мох» (55°05' N 30°11' E), выработано фрезерным, кусково-резным и карьерным способом; «Дымовщина» (55° 11' N 30° 5' E), выработано карьерным способом; «Чернецкий мох» (55°00' N 30°08' E), большая часть выработана карьерным способом, меньшая – кусково-резным; «Глоданский мох» (55° 16' N 30° 47' E), около половины площади выработано фрезерным способом, часть – в естественном состоянии; «Болото Мох» (55° 37' N 28° 06' E), в естественном состоянии, на небольшом участке в краевой зоне нарушен гидрологический режим за счет мелиоративного канала в прилегающих сельхозугодьях. Сбор материала проводили в растительных ассоциациях различной степени нарушенности. Осоково-злаковая (ОЗ) между карьерами, заполненными водой, березняк злаковый (БЗ) на сильно выгоревшем выработанном участке относятся к очень сильной степени трансформации; фрезерные поля (ФрП) содержат растительность только на уз-

ких полосах между участками открытого торфа, среди которой встречаются характерные для верховых болот пушица влагалищная, вереск и голубика, березняк вересковый (БВ) – постпирогенный участок выработанного болота – относятся к сильной степени трансформации; пушицево-сфагновые (ПС), тростниково-сфагновые (ТС), кустарничково-пушицево-сфагновые (КПС), кустарничково-пушицевые (КП) – относятся к средней степени трансформации; березняк сфагновый (БС) с частично нарушенным гидрологическим режимом в результате мелиорации близлежащих территорий – слабая степень трансформации. Оценка степени трансформации приводится на основании критериев, предложенных Т.И. Кухарчик (1996 г.) [1]. Для контроля были взяты пушицево-сфагновые (ПСе) и кустарничково-пушицево-сфагновые (КПСе) ассоциации на естественном верховом болоте («Болото Мох»).

Основным методом сбора материала было кошение энтомологическим сачком. Для количественного учета использовались пробы по 50 взмахов в пятикратной повторности в каждой, которые проводились еженедельно, начиная с конца апреля до середины октября.

Для оценки сходства комплексов насекомых был применен кластерный анализ по качественным данным по методу невзвешенного попарного среднего (UPGMA) с применением коэффициента сходства Сьеренсена. Кроме того, для выявления дифференциации в энтомокомплексах был использован факторный анализ – канонический анализ соответствий (Canonical Correspondence Analysis). Последний, как и ряд других математических методов прямой ординации, позволяет отобразить изменение видового состава и унимодальное распределение видов вдоль экологических градиентов среды обитания (стрелки на диаграмме ординации) [9–11]. Данный метод, а также корреляционный анализ были применены для выявления факторов, определяющих пространственное распределение на болотах различной степени трансформации. Для статистической обработки материала использовались программы Microsoft Excel и MVSP 3.21.

Результаты и их обсуждение. При кластерном анализе среди исследуемых энтомокомплексов были выявлены 2 крупные группы по сходству. Первая включает насекомых растительных ассоциаций с очень сильной степенью трансформации. Вторая объединяет группировки, проявляющие сходство в соответствии со степенью трансформации, которые, в свою очередь, разделены на более мелкие кластеры. В отдельный кластер выделен постпирогенный березняк вересковый. Наибольшее сходство с ним имеет комплекс насекомых фрезерных полей. Оба биотопа являются сильно нарушенными. Далее следует группа кластеров, объединяющая энтомокомплексы ассоциаций со средней степенью трансформации (пушицево-сфагновые, тростниково-сфагновые), имеющие высокое сходство с естественной пушицево-сфагновой. К ним примыкает группа энтомокомплексов, проявляющая высокое сходство с контрольной естественной кустарничково-пушицево-сфагновой ассоциацией. В ней объединены слабонарушенные березняк сфагновый и кустарничково-пушицевые ассоциации (рис. 1).

Кластерный анализ показал, что комплексы насекомых мелиорированных болот можно распределить по степени сходства на группы, относящиеся к болотам с очень сильной, сильной, средней и слабой степенью трансформации. Две последние группы имеют высокое сходство с естественными энтомокомплексами.

Кроме кластерного анализа, для оценки уровня дифференциации биотопических вариантов комплексов насекомых исследуемых групп был проведен канонический анализ соответствий (ССА). Проанализированы две первые канонические оси (Axis 1 и Axis 2), которые являются проекциями плоскостей наибольшей вариации видового разнообразия, что вносит наименьшее искажение во взаимном расположении видов и их местообитаний [9]. Соответственно на долю первой канонической оси приходится 23,72% всей дисперсии, на вторую – 8,30%, вклад остальных значительно ниже (табл. 1).

Таблица 1

Пять первых канонических осей распределения насекомых по типам местообитаний

Показатели	Канонические оси				
	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5
Собственное значение	0,269	0,094	0,033	0,016	0,012
Дисперсия, в %	23,724	8,307	2,872	1,443	1,085
Накопленная дисперсия, в %	23,724	32,031	34,903	36,347	37,432
Корреляция видов и среды	0,987	0,88	0,939	0,655	0,641

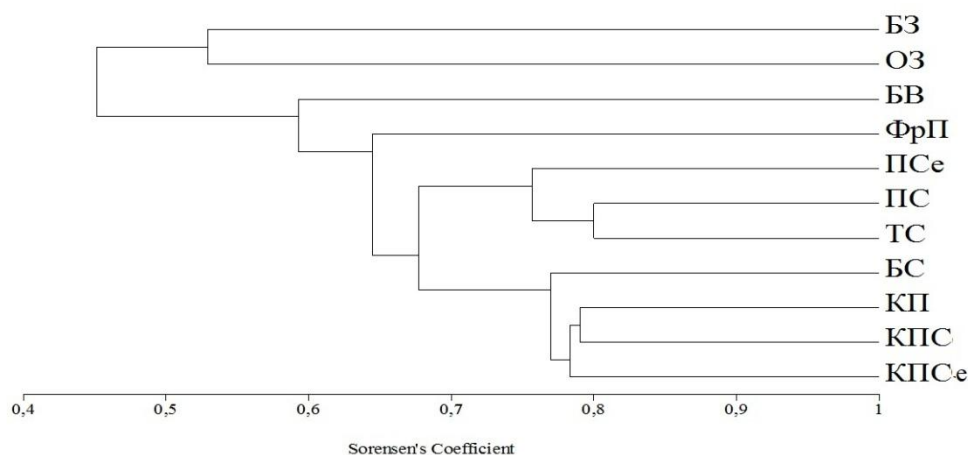


Рис. 1. Дендрограмма сходства по количественным данным комплексов насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) растительных ассоциаций различной степени нарушенности.

Таблица 2

Видовой состав насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera)

Название вида	Условное сокращение	Количество собранных экземпляров в различных местообитаниях										
		КПС	ТС	ПС	ОЗ	БВ	БЗ	ФрП	БС	КП	ПСе	КПСе
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Lepyronia coleoptrata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lep col</i>	340	50	0	1	0	12	6	100	46	60	12
<i>Neophilaenus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Neo lin</i>	676	537	328	0	24	3	2	201	9	270	13
<i>Aphrophora alni</i> (Fallén, 1805)	<i>Aph aln</i>	80	23	5	5	32	54	36	37	5	8	9
<i>Philaenus spumarius</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Phi spu</i>	24	17	2	5	9	4	5	13	2	0	5
<i>Ulopa reticulata</i> (Fabricius, 1794)	<i>Ulo ret</i>	17	3	0	0	8	0	0	0	0	0	6
<i>Populicerus populi</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Pop pop</i>	1	7	0	0	5	1	3	0	0	0	0
<i>Cicadella viridis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Cic vir</i>	14	4	2	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Notus flavipennis</i> (Zetterstedt, 1828)	<i>Not fla</i>	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Idiodonus cruentatus</i> (Panzer, 1799)	<i>Idi cru</i>	19	10	2	2	0	2	1	30	8	5	7
<i>Cicadula quadrinotata</i> (Fabricius, 1794)	<i>Cic qua</i>	6	0	1	0	0	0	3	0	6	6	0
<i>Ophiola cornicula</i> (Marshall, 1866)	<i>Oph cor</i>	6	20	1	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>O. russeola</i> (Fallén, 1826)	<i>Oph rus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Sorhoanus xanthoneurus</i> (Fieber, 1869)	<i>Sor xan</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
<i>Jassargus sursumflexus</i> (Then, 1902)	<i>Jas sur</i>	5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arthaldeus pascuellus</i> (Fallén, 1806)	<i>Art pas</i>	5	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0
<i>Cixius similis</i> Kirschbaum, 1868	<i>Cix sim</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	16	1	15
<i>Delphax crassicornis</i> (Panzer, 1796)	<i>Del cra</i>	6	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Ommatidiotus dissimilis</i> (Fallén, 1806)	<i>Omm dis</i>	8	8	0	0	0	0	0	0	0	6	2
<i>Nabis fesus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Nab fer</i>	17	12	6	0	3	8	3	13	6	2	10
<i>Lygus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lyg pra</i>	44	13	5	1	12	4	10	28	19	17	33
<i>L. punctatus</i> (Zetterstedt, 1838)	<i>Lyg pun</i>	11	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0
<i>L. rugulipennis</i> (Poppius, 1911)	<i>Lyg rug</i>	15	4	1	0	2	0	0	5	8	0	0
<i>Stenodema calcarata</i> (Fallén, 1807)	<i>Ste cal</i>	15	4	0	0	0	2	0	1	1	0	0
<i>Orthotylus ericetorum</i> (Fallén, 1807)	<i>Ort eri</i>	12	0	0	0	4	0	36	2	1	0	6
<i>Stephanitis oberti</i> (Kolenati, 1857)	<i>Ste obe</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	67
<i>Stictopleurus abutilon</i> (Rossi, 1790)	<i>Sti abu</i>	15	8	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>S. crassicornis</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Sti cra</i>	19	10	4	5	3	0	3	26	29	6	0
<i>Cymus glandicolor</i> (Hahn, 1832)	<i>Cym gla</i>	3	15	8	5	0	5	0	0	11	20	12
<i>Kleidocerys resedae</i> (Panzer, 1797)	<i>Kle res</i>	12	4	1	0	6	0	0	60	10	11	25
<i>Nysius helveticus</i> (Herrich-Schäffer, 1850)	<i>Nys hel</i>	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Scolopostethus decoratus</i> (Hahn, 1833)	<i>Sco dec</i>	0	20	3	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Pterotmetus staphyliniformis</i> (Schilling, 1829)	<i>Pte sta</i>	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Rhacognatus punctatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Rha pun</i>	5	2	0	0	0	0	0	1	3	0	0
<i>Aelia acuminata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Ael acu</i>	4	4	0	0	3	1	0	7	1	0	7
<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Dol bac</i>	4	8	2	0	0	3	1	4	5	0	6
<i>Cyphon padi</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Cyp pad</i>	140	48	21	1	7	23	40	1	0	10	17
<i>Cyphon sp.</i>	<i>Cyp sp.</i>	66	17	7	2	14	8	12	7	1	12	12
<i>Actenicerus sjælandicus</i> (Müller, 1764)	<i>Act sjæ</i>	8	1	0	0	0	0	0	0	3	6	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Sericus brunneus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Ser bru</i>	0	4	0	0	2	1	0	0	2	1	8
<i>Cantharis fulvicollis</i> (Fabricius, 1792)	<i>Can ful</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cantharis pallida</i> Goeze, 1777	<i>Can pal</i>	15	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>C. quadripunctata</i> (Müller, 1764)	<i>Can qua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	8
<i>Rhagonycha elongata</i> (Fallen, 1807)	<i>Rha elo</i>	41	1	0	0	0	0	0	56	5	3	5
<i>Absidia schoenherri</i> (Dejean, 1837)	<i>Abs sch</i>	4	0	0	0	1	1	0	8	0	5	12
<i>Dasytes niger</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Das nig</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8
<i>Olibrus aeneus</i> (Fabricius, 1792)	<i>Oli aen</i>	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Chi bip</i>	17	4	2	0	2	1	1	0	0	0	7
<i>Ch. renipustulatus</i> (Scriba, 1790)	<i>Chi ren</i>	20	1	0	6	1	0	2	1	0	1	2
<i>Anisosticta novemdecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Ani nov</i>	11	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0
<i>Hippodamia tredecimpunctata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Hip tre</i>	9	9	4	0	0	0	2	1	2	0	6
<i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Coc sep</i>	14	5	1	0	0	0	1	0	3	1	1
<i>C. hieroglyphica</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Coc hie</i>	21	6	2	0	2	5	2	1	12	0	13
<i>Lagria hirta</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lag hir</i>	8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Plateumaris discolor</i> (Herbst, 1795)	<i>Pla dis</i>	197	22	14	0	0	2	1	23	0	10	3
<i>Oulema lichenis</i> (Heyden, 1870)	<i>Oul lic</i>	10	2	0	0	2	1	0	0	9	0	0
<i>Cryptocephalus labiatus</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Cry lab</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Lochmaea suturalis</i> (Thomson, 1866)	<i>Loc sut</i>	128	20	14	0	11	12	6	84	89	7	91
<i>Luperus longicornis</i> (Fabricius, 1781)	<i>Lup lon</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Altica</i> sp.	<i>Alt sp.</i>	76	4	1	0	12	9	1	7	6	0	3
<i>Aphthona euphorbiae</i> (Schrank, 1781)	<i>Aph eup</i>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	9	8
<i>Chaetocnema breviscula</i> (Faldemann, 1884)	<i>Cha bre</i>	19	9	2	0	5	1	1	0	0	0	0
<i>Apion fulvipes</i> (Geoffroy, 1785)	<i>Api ful</i>	13	2	0	1	1	0	3	0	0	0	5
<i>Strophosoma capitatum</i> (DeGeer, 1775)	<i>Str cap</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Limbaris t-album atripilicus</i> (Fabricius, 1777)	<i>Lim t-a</i>	5	21	3	0	0	0	2	0	0	1	0

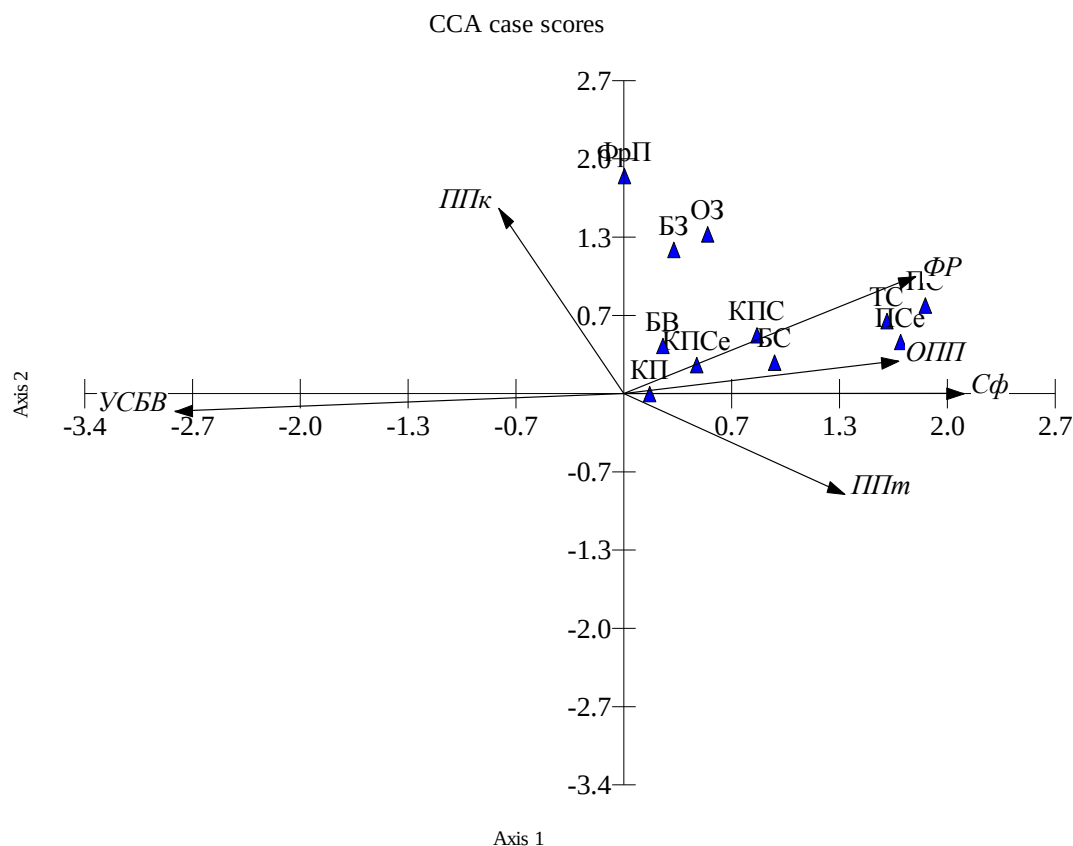


Рис. 2. Ординационная диаграмма ССА-взаимосвязи факторов среды и комплексов насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) растительных ассоциаций различной степени нарушенности.

На диаграмме ССА-ординации точки, соответствующие комплексам насекомых-обитателей различных растительных ассоциаций, упорядочены относительно друг друга в соответствии с видовым составом и обилием насекомых, характерных для них. То есть относительное расстояние между их точками в многомерном пространстве соответствовало их близости в отношении структурных особенностей энтомокомплексов (рис. 2).

Можно выделить несколько групп, имеющих близкие координаты в ординационном пространстве. Первую образуют ассоциации с высокой долей пушицы в проективном покрытии (пушицево-сфагновая, тростниково-сфагновая и пушицево-сфагновая на ненарушенном болоте). К энтомокомплексу естественного болота наиболее близок комплекс тростниково-сфагновой ассоциации. Это, вероятно, обусловлено тем, что в обоих случаях в травянистом ярусе значительную долю составляет пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*). В пушицево-сфагновых ассоциациях нарушенного болота преобладает пушица многоколосковая (*Eriophorum polystachion*), что, возможно, объясняет меньшую степень сходства с естественным энтомокомплексом. Вторую группу представляют насекомые растительных ассоциаций с преобладанием в проективном покрытии кустарничков порядка Верескоцветные (Ericales). Четыре ассоциации, с различным соотношением кустарничков разных видов и степенью развития сфагнового покрова, расположились вокруг ненарушенной кустарничково-пушицево-сфагновой ассоциации. Третью группу образуют березняк злаковый на участке сильно выгоревшего болота и осоково-злаковый фитоценоз по берегу затопленного торфяного карьера. Их точки находятся в координатном пространстве выше и левее. И, наконец, обособленно расположены энтомокомплексы фрезерных полей.

Канонический анализ соответствий, как и кластерный анализ, показал группировку насекомых растительных ассоциаций различной степени нарушенности: очень сильной, сильной, средней и слабой. Важным моментом факторного анализа является то, что энтомокомплексы болот со средней и слабой степенью трансформации близки к таковым в контрольных биотопах на естественных болотах, так как их точки сконцентрированы в пространстве координат в непосредственной близости. Причем, имеется дифференциация в составе и структуре комплексов насекомых ассоциаций с преобладанием пушицы и преобладанием кустарничков, что также характерно для естественных болот [3–5].

Кроме того, ординационная диаграмма показывает, что ряд видов достаточно сильно ассоциированы с определенными биотопами, о чем свидетельствует расстояние между их координатами в пространстве (рис. 3).

Следует отметить, что отдельные специализированные виды (тирфобионты и тирфофилы) естественных верховых болот не ассоциированы с определенным биотопом. Это такие виды, расположенные в левой части графика, как *Cixius similis*, *Ophiola russeola*, *Stephanitis oberti*, *Ulopa reticulata*, *Lochmaea suturalis*, *Cryptocephalus labiatus*. Все они являются олигофагами вересковых кустарничков, которые присутствуют практически во всех биотопах, за исключением очень сильно нарушенных березняка злакового и осоково-злаковых ассоциаций. В последних не выявлено ни одного специализированного вида верховых болот. Меньше всего таких видов установлено в березняке злаковом (6 видов) и на болотах сильной (7–8 видов) степени нарушенности. На болотах слабой (9 видов) и средней (10–16 видов) степени трансформации их количество возрастает (рис. 4).

Кроме того, только на слабо нарушенных участках в значительном обилии выявлены такие характерные обитатели верховых болот, как *Cixius similis*, *Stephanitis oberti*, встречающиеся на естественных болотах.

С другой стороны, значительное количество болотных видов, а также эврибионтных, которые имеют высокую встречаемость на естественных верховых болотах, имеют связи с отдельными биотопами, преимущественно средней степени трансформации. Например, *Idiodomus cruentatus* и *Nabis fesus* связаны с кустарничково-пушицево-сфагновыми ассоциациями, *Coccinella hieroglyphica* – с кустарничково-пушицевыми, *Ophiola cornicula*, *Neophilaenus lineatus*, *Ommatidiotus dissimilis*, *Cymus glandicolor*, *Plateumaris discolor*. В ряде биотопов установлены связи с видами, не характерными для верховых болот. В частности, с осоково-злаковым комплексом растительности наиболее связаны обитатель полей *Agriotes lineatus*, лесной вид *Luperus longicornis*, с березняком злаковым – обитатель лугов *Cantharis pallida*.

На основании полученных данных, в результате кластерного и факторного анализов, можно сделать предположение о современном состоянии энтомокомплексов нарушенных верховых болот региона исследований и направлении протекающих в них сукцессионных процессов.

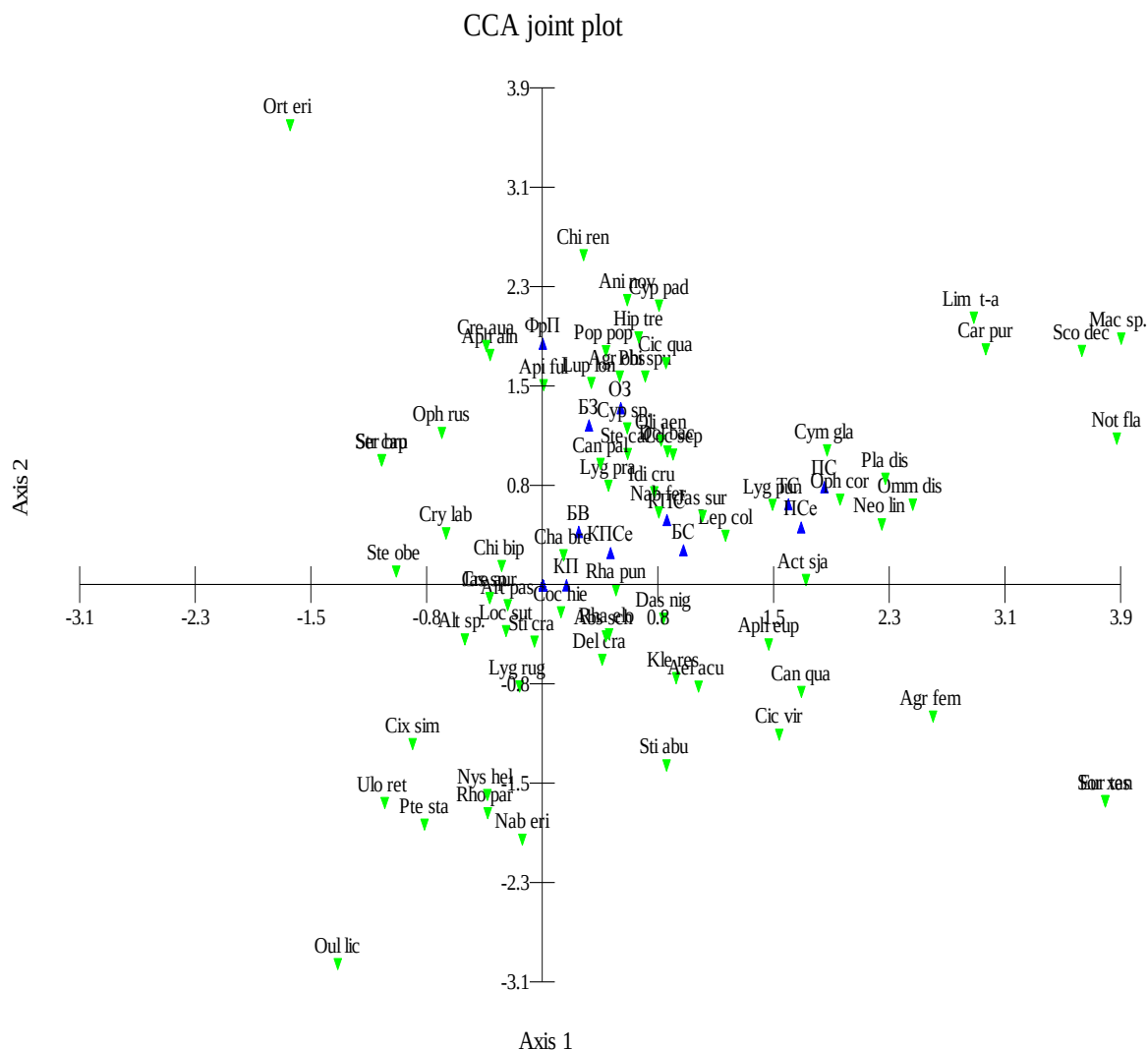


Рис. 3. Ординационная диаграмма ССА-взаимосвязи насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) с растительными ассоциациями различной степени нарушенности (условные обозначения видов в табл. 2).

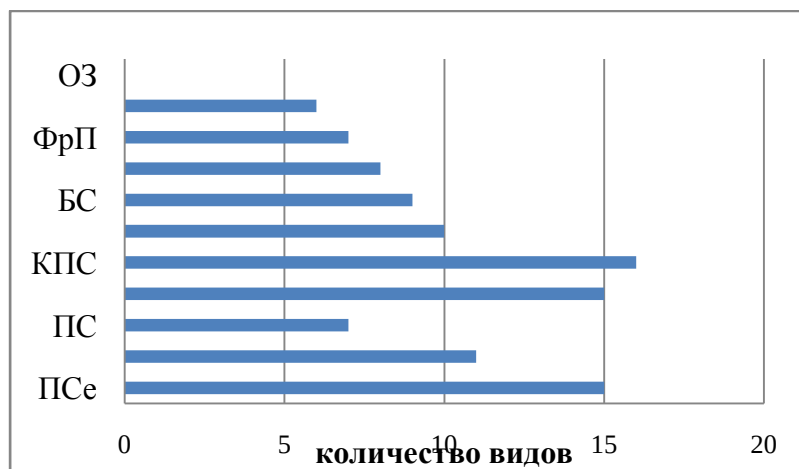


Рис. 4. Количество специализированных видов (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) верховых болот, установленных в нарушенных и контрольных естественных биотопах.

Участки со слабой и средней степенью трансформации содержат энтомокомплексы, наиболее сходные с естественными, а также наибольшее количество видов типичных болотных насекомых. В биотопах с частично нарушенным гидрологическим режимом, это, вероятно, достигается за счет миграций с прилегающих участков болот с естественным режимом увлажнения. Кроме того, видовой состав и проективное покрытие растительности, типичной для верховых болот, не ухудшают кормовую базу для насекомых-фитофагов.

На болотах, подверженных средней степени трансформации, где примерно 50 лет назад велась торфодобыча, сразу после окончания работ сохранились небольшие полосы, находящиеся между карьерами, с естественной болотной растительностью [1]. Поэтому можно предположить, что именно они были убежищем и кормовой базой для обитателей естественных болот. В настоящее время большинство карьеров заросли сфагнумом и на них сформировались растительные ассоциации со значительной долей пушицы в проективном покрытии (пушицево-сфагновые, тростниково-сфагновые), что создало дополнительные трофические ниши для специализированных насекомых верховых болот. Сходство данных энтомокомплексов с естественными свидетельствует о протекании в них отчетливых восстановительных процессов.

Энтомокомплексы болот сильной степени нарушения имеют невысокое сходство с естественными. Оно, вероятно, обусловлено наличием вереска в постпирогенных ассоциациях и небольшого количества пушицы и вереска на болотах, выработанных фрезерным способом и являющихся кормовой базой для болотных насекомых. Последних выявлено значительно меньше, чем в предыдущих энтомокомплексах. К ним относятся виды, трофически связанные с вереском *Ulopa reticulata*, *Orthotylus ericetorum*, *Lochmaea suturalis*, а также зоофаги *Coccinella hieroglyphica*, *Chilocorus bipustulatus*, *Absidia schoenherri*. Кроме того, флористический состав фрезерных полей за более чем полувековой период практически не изменился (в наши дни все так же они представляют собой чередующиеся участки открытого торфа и узких полос растительности), а постпирогенные растительные группировки нескольких десятилетий представляют собой вересковые пустоши [1; 12]. Поэтому на болотах сильной степени трансформации сукцессионные процессы в энтомокомплексах крайне затруднены.

Еще менее сходны с естественными комплексы насекомых болот с очень сильной степенью нарушения, которые к настоящему времени содержат растительные ассоциации, флористический состав которых резко отличается от естественных верховых болот. В данных местообитаниях кормовая база для насекомых, характерных обитателей верховых болот, отсутствует, а отмеченные отдельные болотные виды в березняке злаковом являются, скорее всего, мигрантными. Это олигофаг верескоцветных *Lochmaea suturalis*, олигофаг осоковых *Plateumaris discolor*, а также зоофаги *Coccinella hieroglyphica*, *Chilocorus bipustulatus*, *Absidia schoenherri*, являющиеся обычными на соседних участках средней степени нарушения. Следовательно, восстановительные процессы в энтомокомплексах болот очень сильной степени трансформации, скорее всего, невозможны.

Ряд исследований показывает, что основные факторы нарушения верховых болот – это изменение гидрологического режима и, как следствие, почвенно-химических условий, которые, в свою очередь, влияют на состав и структуру фитоценозов [1; 12]. Важной особенностью методов прямого градиентного анализа и, в частности, канонического анализа соответствий является возможность выявления взаимосвязей видового состава и факторов среды, зависящих друг от друга [10].

Проведенный анализ выявил, что одними из важнейших факторов, влияющих на распределение видов насекомых на трансформированных болотах, являются уровень стояния болотных вод и флористическое разнообразие (их векторы на диаграмме ординации имеют наибольшую длину). Векторы других переменных среды (проективное покрытие кустарничков, наличие сфагнового покрова) короче, следовательно, они имеют меньшее влияние, а факторы, представленные на графике самыми короткими векторами (общее проективное покрытие, проективное покрытие трав), являются еще менее значимыми (рис. 5).

На диаграмме ССА-ординации насекомые распределены агрегированно. При этом отдельные их скопления находятся далеко от векторов, обозначающих экологические факторы, что, вероятно, свидетельствует об их слабой связи с рассматриваемыми показателями окружающей среды. Например, группа видов в правой верхней части диаграммы (*Anisosticta novemdecimpunctata*, *Cyphon padi*, *Populicerus populi* и др.). Значительное количество видов сосредоточено в центре диаграммы. Большинство из них, вероятно, являются универсальными для всех биотопов. Это, например, зоофаги *Coccinella hieroglyphica*, *Dasites niger*, *Chilocorus*

bipustulatus, олигофаг вересковых кустарничков *Lochmaea suturalis*, а также массовый во всех биотопах эврибионтный вид *Stictopleurus crassicornis*. Еще одна крупная группа видов имеет связи с определенными экологическими факторами. Больше всего видов сконцентрировано по стрелке – флористическое разнообразие. Среди них такие виды, как *Cymus grandicolor*, *Lygus punctatus*, *Jassargus sursumflexus*, *Ophiola cornicula* и др. Большое влияние оказывает и проективное покрытие трав, от которого имеют зависимость *Aelia acuminata*, *Kleidocerys resedae*, *Cicadella viridis*. Некоторые виды сильно ассоциированы с проективным покрытием кустарничков. Это *Ophiola russeola*, *Cryptocephalus labiatus*. С наличием сфагнома связано распределение вида *Actenicerus sjaelandicus* (рис. 5).

Следовательно, основными экологическими факторами, влияющими на распределение насекомых в травянисто-кустарничковом ярусе на болотах средней и слабой степени трансформации, являются, во-первых, флористическое разнообразие, а во-вторых, общее проективное покрытие. Например, с флористическим разнообразием наиболее связаны энтомокомплексы таких ассоциаций, как кустарничково-пушицево-сфагновая и пушицево-сфагновая. С общим проективным покрытием большие связи имеет энтомокомплекс слабонарушенного березняка сфагнового. Кроме того, большинство точек, соответствующих в пространстве данным энтомокомплексам, расположены между векторами, соответствующими флористическому разнообразию и общему проективному покрытию (рис. 2).

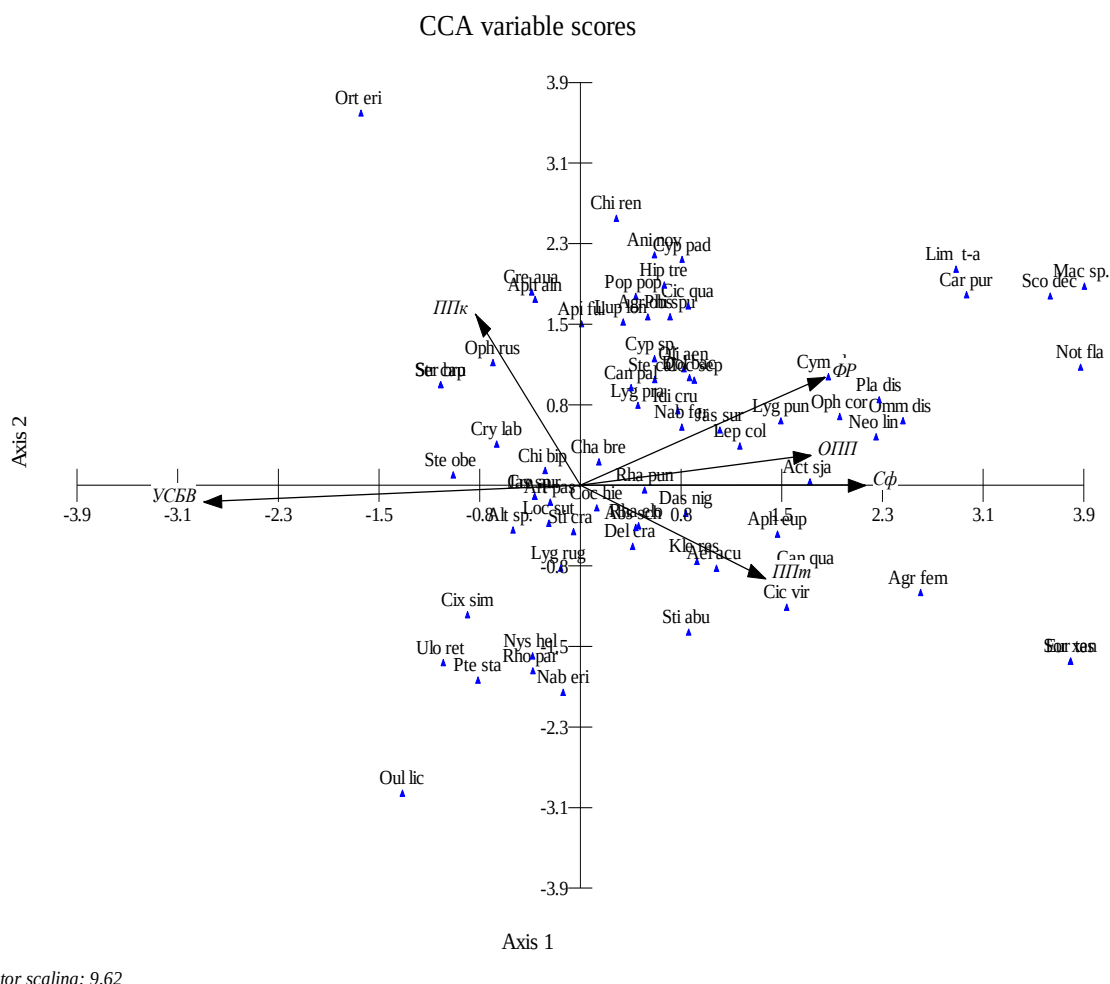


Рис. 5. Ординационная диаграмма ССА-взаимосвязи факторов среды и видового состава насекомых (Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) трансформированных верховых болот (УСБВ – уровень стояния болотных вод; ОПП – общее проективное покрытие; ППт – проективное покрытие трав; ФР – флористическое разнообразие; СФ – сфагновый покров, условные обозначения видов в табл. 2).

Таблица 3

Результаты корреляционного анализа видового состава и относительной численности насекомых (Insecta: Auchenorrhyncha, Heteroptera, Coleoptera) и основных фитоценологических и абиотических показателей

Показатели	Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (rs)	Вероятность ошибки (p-level)	Коэффициенты корреляции Кенделла (tau)	Вероятность ошибки (p-level)
S & УСБВ	0,166	0,673	0,111	0,759
S & Сф	0,433	0,277	0,372	0,277
S & ФР	0,689	0,047	0,571	0,041
S & ОПП	0,033	0,947	0,029	1
S & ППк	-0,101	0,802	-0,087	0,839
S & ППт	-0,176	0,654	-0,114	0,765
N & УСБВ	-0,466	0,210	-0,333	0,256
N & Сф	0,866	0,017	0,745	0,017
N & ФР	0,974	0,0001	0,914	0,0001
N & ОПП	0,237	0,539	0,145	0,678
N & ППк	-0,356	0,350	-0,319	0,296
N & ППт	0,067	0,876	0,057	0,919

Примечание: УСБВ – уровень стояния болотных вод; ОПП – общее проективное покрытие; ППт – проективное покрытие трав; ФР – флористическое разнообразие; СФ – сфагновый покров; S – количество видов; N – относительная численность.

Также был проведен анализ влияния основных факторов среды на видовое богатство и численность насекомых во всех биотопах с помощью ранговой корреляции Спирмена и Кендела. В качестве фитоценологических показателей, как и при факторном анализе, использовали общее проективное покрытие, проективное покрытие трав и кустарничков, флористическое разнообразие и наличие сфагнового покрова. Кроме того, произведена оценка влияния и уровня стояния болотных вод. Анализ коэффициентов корреляции показывает достоверные связи ($p < 0,05$) видового богатства с флористическим разнообразием, а количество отловленных особей – с флористическим разнообразием и наличием сфагнового покрова. При этом установлена наиболее высокая зависимость относительной численности насекомых от видового разнообразия растений, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции (табл. 3).

Заключение. Установленный уровень дифференциации видового состава и обилия насекомых нарушенных верховых болот позволяет распределить энтомокомплексы соответственно степени трансформации их местообитаний на относящиеся к очень сильной, сильной, средней и слабой степени. Это подтверждают проведенные на модельных группах факторный и кластерный анализ.

Выявлено, что распределение специализированных болотных видов (тирфобионтов и тирфофилов) зависит от степени трансформации. Они предпочитают болота слабой и средней сте-

пени, где таких видов установлено больше всего. Отдельные насекомые отмечены только на слабо нарушенных участках. С увеличением антропогенной нагрузки их количество снижается. На очень сильно трансформированных участках обитатели верховых болот отсутствуют либо являются мигрантными. С подобными биотопами больше связаны эврибионтные и некоторые полевые и лесные виды.

Исходя из того, что энтомокомплексы слабой и средней степени трансформации имеют наибольшее сходство с естественными, а также с ними связано значительное количество характерных болотных видов, можно предположить о протекании в них отчетливых восстановительных процессов. На болотах сильной степени трансформации они крайне затруднены, так как флористический состав фрезерных полей за более чем полувековой период практически не изменился, а постпирогенные растительные группировки несколько десятилетий могут представлять собой вересковые пустоши, что значительно ухудшает кормовую базу для типичных болотных насекомых-фитофагов. Наименее сходны с естественными комплексы насекомых болот с очень сильной степенью нарушения, где за прошедшие после торфоразработок 50 лет произошли коренные перестройки фитоценозов и их состав резко отличается от верховых болот. Следовательно, восстановительные процессы здесь, скорее всего, невозможны.

Для подтверждения наших предположений о ведущей роли состава и структуры растительности в распределении насекомых нарушенных болот были применены методы корреляционного и факторного анализа данных. Канонический анализ соответствий показал, что ведущими факторами являются гидрологический режим и флористическое разнообразие. Меньшее влияние оказывают проективное покрытие кустарничков и наличие сфагнового покрова, а общее проективное покрытие и проективное покрытие трав являются еще менее значимыми. Кроме того, установлена корреляция видового богатства с флористическим разнообразием, а количество отловленных особей – с флористическим разнообразием и наличием сфагнового покрова.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кухарчик, Т.И. Верховые болота Беларуси / Т.И. Кухарчик. – Минск: Наука і техника, 1993. – 136 с.
2. Бамбалов, Н.Н. Роль болот в биосфере / Н.Н. Бамбалов, В.А. Ракович. – Минск: Бел. наука, 2005. – 285 с.
3. Сушко, Г.Г. Фауна и экология жесткокрылых (Ectognatha, Coleoptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко. – Витебск: «ВГУ им. П.М. Машерова», 2006. – 247 с.
4. Сушко, Г.Г. Состав и структура сообществ цикадовых (Homoptera, Auchenorrhyncha) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, О.И. Бородин // Весн. Гродзенск. дзярж. ун-та. – Сер. 2. – 2009. – № 3(87). – С. 157–162.
5. Сушко, Г.Г. Полужесткокрылые (Insecta, Heteroptera) верховых болот Белорусского Поозерья / Г.Г. Сушко, А.В. Лукашук // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2011. – № 2(62). – С. 54–60.
6. Шкатуло, В.В. Цикадовые (Insecta: Auchenorrhyncha) верховых болот Белорусского Поозерья / В.В. Шкатуло, О.И. Бородин // Весн. Гродзенск. дзярж. ун-та. – 2012. – № 3(139). – С. 136–141.
7. Шкатуло, В.В. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) мелиорированных верховых болот Белорусского Поозерья / В.В. Шкатуло // Весн. Віцебск. дзярж. ун-та. – 2013. – № 4(76). – С. 33–39.
8. Шкатуло, В.В. Полужесткокрылые (Insecta: Heteroptera) верховых болот Белорусского Поозерья, подверженных осушительной мелиорации / В.В. Шкатуло, А.О. Лукашук // Изв. АН Беларуси. – 2014. – № 1. – С. 106–110.
9. Ordination methods for ecologists [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: www.ordination.okstate.edu. – Date of access: 11.02.2014.
10. Джонгман, Р.Г.Г. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов / Р.Г.Г. Джонгман, С.Дж.Ф. Тер Браак, О.Ф.Р. Ван Тонгерен. – М.: РАСХН, 1999. – 306 с.
11. Лебедева, Н.В. Биоразнообразие и методы его оценки / Н.В. Лебедева, Н.Н. Дроздов, Д.А. Кривоуцкий. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 93 с.
12. Боч, М.С. Экосистемы болот СССР / М.С. Боч, В.В. Мазинг. – Л.: Наука, 1979. – 188 с.

REFERENCES

1. Kukharchik T.I. *Verkhoviye bolota Belarusi* [Peat Bogs of Belarus], Mn: Navuka i tekhnika, 1993, 136 p.
2. Bambalov N.N., Rakovich V.A. *Rol bolot v biosfere* [Role of Bogs in Biosphere], Mn: Bel. nauka, 2005, 285 p.
3. Sushko G.G. *Fauna i ekologiya zhestkokrilikh (Ectognatha, Coleoptera) verkhovikh bolot Belorusskogo Poوزيرiya* [Fauna and Ecology of Ectognatha, Coleoptera of Peat Bogs of Belarusian Lakeland], Vitebsk: izdatelstvo «VGU im. P.M. Masherova», 2006, 247 p.
4. Sushko G.G., Borodin O.I. *Vestnik GrGU im. Yanki Kupali* [Newsletter of Grodno Y. Kupala University], Ser. 2, 2009, 3 (87), pp. 157–162.
5. Sushko G.G., Lukashuk A.V. *Vestnik VGU* [Newsletter of Vitebsk State University], 2011, 2(62), pp. 54–60.
6. Shkatulo V.V., Borodin O.I. *Vesnik GrGU* [Newsletter of Grodno State University], 2012, 3(139), pp. 136–141.
7. Shkatulo V.V. *Vestnik VGU* [Newsletter of Vitebsk State University], 2013, 4(76), pp. 33–39.
8. Shkatulo V.V., Lukashuk A.O. *Izvestiya AN* [Academy of Sciences Newsletter], 2014, 1, pp. 106–110.
9. Ordination methods for ecologists [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: www.ordination.okstate.edu. – Date of access: 11.02.2014.
10. Johnngman R.G.G., Ter Barak S.J.F., Van Tongeren O.F.R. *Analiz danih v ekologii soobshchestv i landshaftov* [Data Analysis in the Ecology of Communities and Landscapes], M.: RASKhN, 1999, 306 p.
11. Lebedeva N.V., Drozdov N.N., Krivolutskii D.A. *Bioraznoobrazie i metodi ego otsenki* [Biodiversity and Methods of its Assessment], M: Izd-vo MGU, 1999, 93 p.
12. Boch M.S., Masing V.V. *Ekosistemi bolot SSSR* [Ecosystems of Bogs in the USSR], L.: Izd-vo Nauka, 1979, 188 p.

Поступила в редакцию 13.05.2014. Принята в печать 18.06.2014
Адрес для корреспонденции: e-mail: gennadis@rambler.ru – Сушко Г.Г.