

РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ОСВОЕНИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ НЕМОРАЛЬНЫМИ ВИДАМИ RAPILIONOIDEA (LEPIDOPTERA)

©2026 Гордеев С.Ю.*, Гордеева Т.В.**, Зайцева С.В.***

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, 670047, Россия

email: *gordeevs07@mail.ru; **tagor71@mail.ru; ***svet_zait@mail.ru

Поступила в редакцию 24.03.2026. После доработки 25.07.2026. Принята к публикации 28.08.2026

На основе многолетних маршрутных учётов в трёх высотных поясах (степном, лесостепном, таёжном) и данных метеостанций с применением метода главных компонент (PCA) установлены ключевые климатические факторы, определяющие состояние населения бабочек (Papilionoidea) в Селенгинском среднегорье (Западное Забайкалье) в период с 2002 по 2014 г. Динамика населения Papilionoidea наиболее тесно связана с изменениями температуры и влажности. Выявлена экологическая специфика: виды лесных ландшафтов сильнее зависят от показателей увлажнения (влажность воздуха, осадки, высота снежного покрова), в то время как виды открытых пространств более чувствительны к термическому режиму. Установлено, что успешная зимовка и расширение ареала вглубь Сибири неморальных видов, в частности рода *Apatura*, обусловлены комплексом изменений холодного сезона — тёплой и влажной осенью, устойчивым снежным покровом и ранней весной. Полученные результаты позволяют рассматривать региональные изменения климата как один из ключевых механизмов расширения ареалов неморальных видов чешуекрылых и их продвижения в Восточную Сибирь. Выявленные климатические предикторы могут использоваться для прогнозирования дальнейшей экспансии этих видов.

Ключевые слова. Забайкалье, динамика населения, температура, влажность, высотная поясность, метод главных компонент (PCA), климатические предикторы.

DOI: 10.35885/1996-1499-19-3-70-81

Введение

В последние десятилетия в Забайкалье зарегистрировано появление и продвижение на запад ряда неморальных видов чешуекрылых. Такое расширение ареалов является одной из форм биогеографической экспансии. Понимание климатических механизмов такого продвижения необходимо для прогнозирования дальнейшего распространения видов. Известно, что в последние десятилетия в Прибайкалье и Забайкалье отмечен рост среднегодовой температуры воздуха, выявлены изменения количественных и качественных показателей биоты [Дулепова, Уманская, 2000; Ананин, Ананина, 2002; Беликович, Галанин, 2002; Глызин, 2003; Куликов и др., 2014]. По многолетним данным метеостанций (WMO ID: 30823; 30825; 30925) Селенгинского среднегорья, в 2002–2014 гг. наблюдался рост средних показателей температуры (рис. 1) и влажности (рис. 2).

В мире растёт число публикаций, связанных с влиянием погодных условий на наземных членистоногих [Parmesan et al., 1999; Settele et al., 2008; Swaay et al., 2010; Юрченко, Белевич, 2010; Kudrna et al., 2011; Delpon et al., 2018], однако их немного для восточной части Сибири. Существующие для этого региона работы касаются в основном проникновения сюда новых видов [Гордеев, Филиппов, 2014; Гордеев, 2016а; Гордеев, Гордеева, 2019; Yakovlev, Kostyunin, 2015]. Ранее вышли публикации [Гордеев, 2006; Гордеева, Гордеев, 2021; Гордеев и др., 2023], где рассматриваются причины, позволившие расширить ареал вглубь Сибири отдельным видам Papilionoidea (дневные чешуекрылые). Следующим этапом работ стали поиски факторов, определяющих динамику фауны и населения дневных чешуекрылых. Такой подход, с подключением к обработке и анализу крупной выборки (видов), позволяет оценить объём

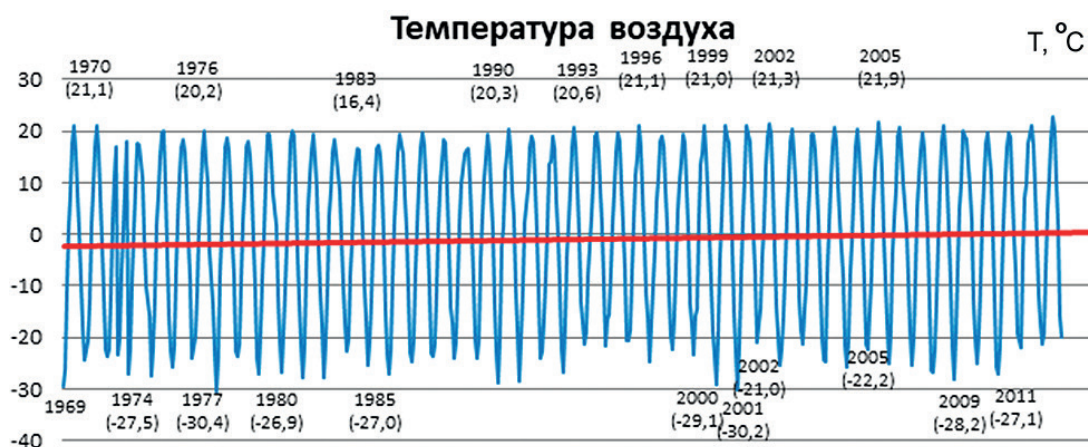


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры, по данным метеостанции Улан-Удэ.

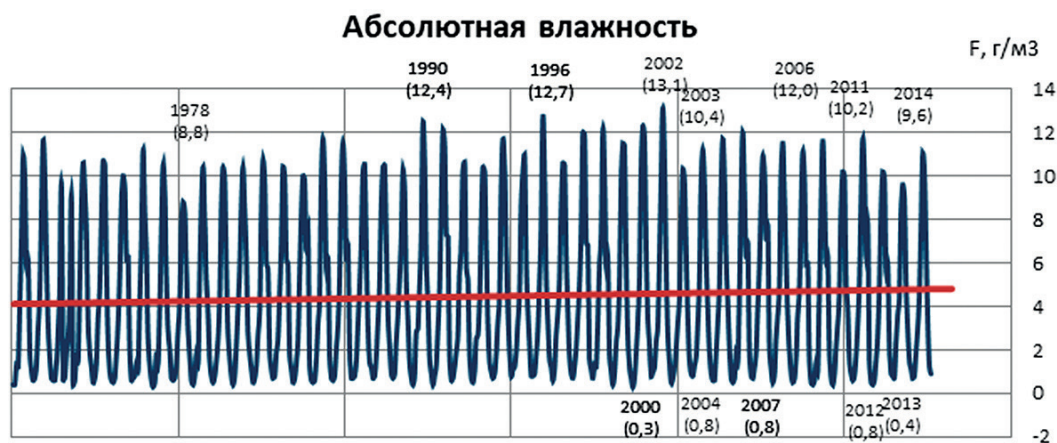


Рис. 2. Динамика среднегодовой влажности, по данным метеостанции Улан-Удэ.

ективность значимости выделенных ранее факторов. Как показано нами ранее, использование чешуекрылых *Parilionoidea* для выполнения подобных задач оптимально. Цель работы – выявить климатические факторы, обеспечивающие освоение и дальнейшее продвижение неморальных видов *Parilionoidea* в Восточную Сибирь.

Материал и методы

Ключевые участки были выделены в северной части Селенгинского среднегорья в нижнем течении р. Уда в 40 км северо-восточнее Улан-Удэ, в 1–7 км севернее пос. Онохой. Маршруты выполнялись от долины Уды (530 м н.у.м.) к северу, по распадкам южного макросклона хребта Улан-Бургасы к верховьям рек Онохойка, Малый Ацагат, Хара-Ацагат (1000 м н.у.м. и более) (рис. 3). Каждый маршрут со средней протяжённостью 15 км охватывал три высотных пояса (530–1300 м н.у.м.): степной (28 выделов), лесостепной

(23), таёжный (12). Степной пояс (степь) сложен пойменными лугами, большей частью деградированными, с ивовыми перелесками, в долине Уды; предгорными и склоновыми сухими караганово-злаковыми степями горы Модотый с редкими участками сосен, с зарослями кустарников, особенно развитыми по балкам. Лесостепной пояс (лесостепь) – охватывает долинные леса с доминированием лиственницы, берёзы, сосны, мезофитные луга, дерновинно-злаковые участки с ильмом в подножии южных склонов. Лесной пояс (тайга) занимают светлохвойные, смешанные и тёмнохвойные кустарничково-зеленомошные леса, разнотравные и разнотравно-осоковые луга [Шодотова и др., 2007; Гордеев, Гордеева, 2017].

В работе использованы данные учётов *Parilionoidea* за 2002–2014 гг., без отдельных декад 2003, 2009, 2010 гг., когда исследования на этой территории не проводились или могли быть искажены из-за неблагоприятных

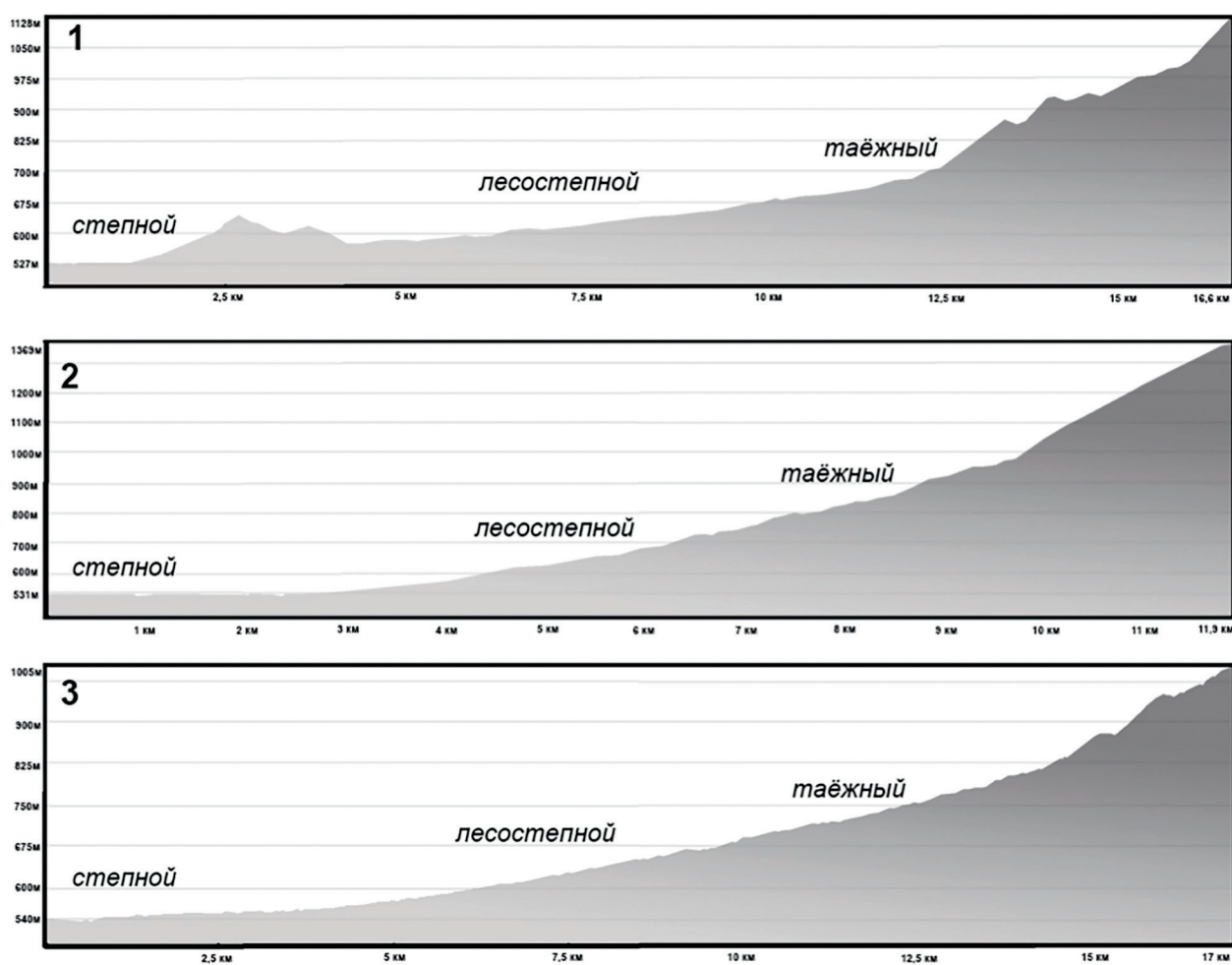
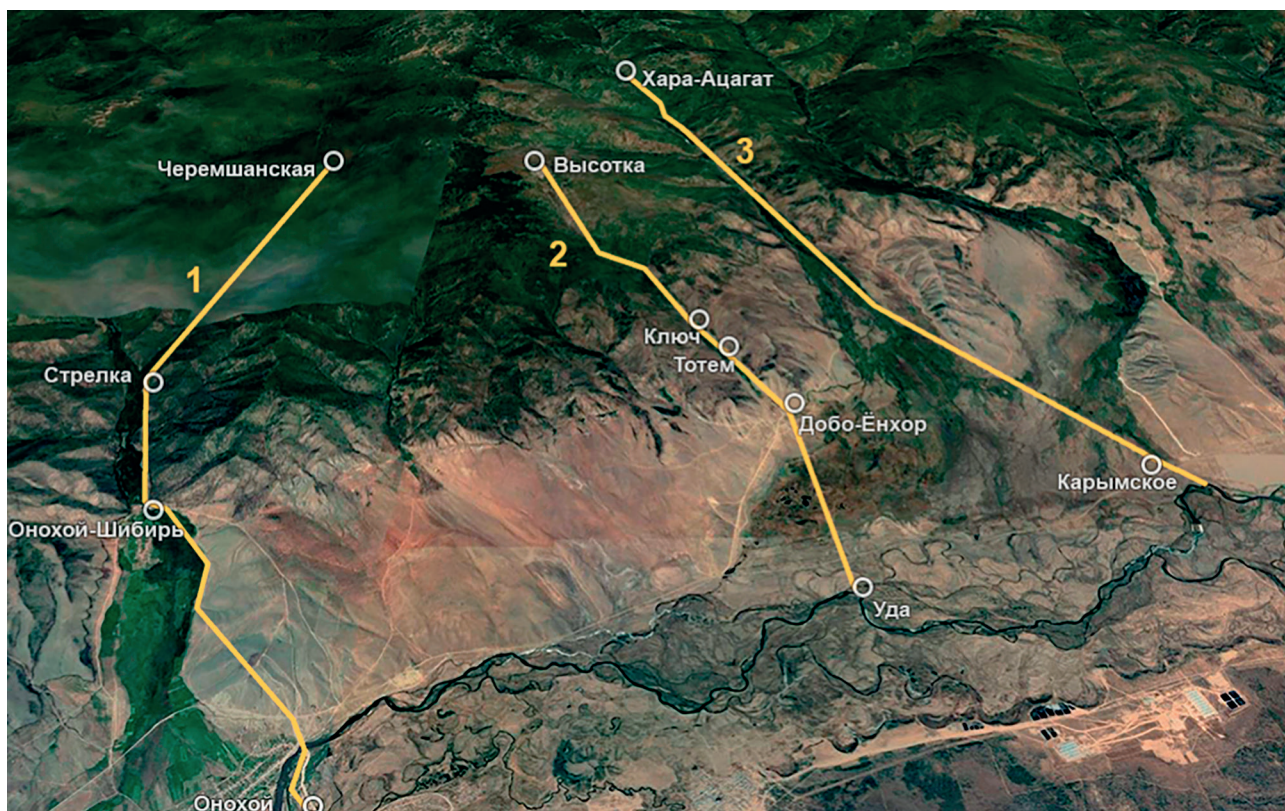


Рис. 3. Маршруты учётов численности *Papilionoidea* в районе хр. Улан-Бургасы.

погодных условий. В анализ включён материал за период с начала мая до конца июля, когда большая часть имаго находится на пике активности [Гордеев, 2016b].

Учёты бабочек проведены первым автором на трансектах по методу средней дальности обнаружения для каждого вида или рода [Малков, 1994]. Кроме неморальных (условно теплолюбивых) видов рода *Apatura* sp., *Aporia hippia* [Dubatolov, Kosterin, 2000], в работе были задействованы сходные с ними по биотопическому предпочтению виды *Limnitis populi*, *Neptis sappho*, *Brenthis daphne*, *B. ino* [Гордеев, 2007; Гордеев, 2011] в противовес остальным видам местной фауны (условно холодостойким). Для более объективной оценки данных при анализе использованы результаты учётов фоновых видов *Cupido minimus*, *Erynnis tages*, *Neptis rivularis* (составляющих 10% и более от общей численности дневных бабочек), а также усреднённые показатели населения *Papilionoidea*. Система видов *Papilionoidea* приведена по Каталогу чешуекрылых России [2019]. Результаты учётов сведены в таблицы MS Excel и подекадно пересчитаны на единицу площади (1 гектар). В работу вовлечены данные установленных на учётных маршрутах метеодатчиков Gigrochron iButton DS 1923-F5 и сведения расположенной вблизи метеостанции (WMO ID) 30823 г. Улан-Удэ, 51.8°с.ш. 107.5°в.д. 530 м н.у.м. (сайт: <http://www.rp5.ru>).

Все данные согласованы методом оптимальной интерполяции [Гандин, Тараканова, 1980]. Для сопоставления информации о текущих изменениях погоды с учётами дневных чешуекрылых полученные сведения собраны в единую таблицу, отражающую динамику следующих показателей: данные метеоусловий; плотность населения *Papilionoidea* по видам, периодам лёта (подекадно), высотным поясам. Предварительную обработку для стандартизации многомерных данных проводили согласно рекомендациям [Wentzel, Hou, 2012].

Результаты и их обсуждение

Климатические особенности выделенных высотных поясов. Высотные пояса хорошо различаются условиями теплообеспе-

ченности и увлажнения, динамикой тепла и влаги (рис. 4). Сезонная амплитуда этих показателей высока в открытых (степной, лесостепной) поясах и смягчена в закрытом (таёжный) поясе. Летний период (оптимальный для активности имаго дневных бабочек) со среднесуточной температурой выше 15°C длится в степи 3–4 месяца, в лесостепи 2.5–3, в тайге 2–3 [Гордеев, 2006]. По данным датчиков, динамика температуры и влажности соседних поясов синхронна (см. рис. 4, 5).

Динамика погодных условий и численности населения *Papilionoidea*. Полученные в результате PCA диаграммы наблюдений (рис. 6) и переменных (рис. 7) в пространстве двух главных компонент (F1, F2) охватывают 39.84 % вариаций: F1 – 20.58%; F2 – 19.26%, и подтверждает связь всплеск численности массовых видов насекомых с 11-летним циклом солнечной активности [Кондаков, 1974; Исаев и др., 1984; Амшеев, Болдаруев, 1987].

На диаграмме (см. рис. 6) слева направо отображено постепенное снижение среднегодовой температуры от сравнительно тёплых ($T_{cp} = 1.4$ град.) 2002–2007 гг. к более прохладным ($T_{cp} = -0.2$ град.) 2008–2014 гг. Другая компонента в направлении снизу вверх связана с нарастанием влаги от сухих и слабоувлажнённых 2002–2003, 2011–2014 гг. ($Dos < 150$ дней, $H_{sn} < 10$ мм) к влажным годам в средней части цикла 2005–2008 гг. ($Dos > 150$, $H_{sn} > 10$ мм) (см. рис. 7).

Полученную картину связи населения чешуекрылых с метеорологическими элементами детализирует диаграмма переменных (рис. 8). Первая компонента (F1) показывает значимую связь населения *Papilionoidea* открытых пространств (левая часть диаграммы) с температурой в поздневесенне-летнее время. В облесённых ландшафтах связь с теплообеспеченностью менее значима (правая часть диаграммы). Здесь июньские варианты групп *Papilionoidea* (нижняя часть диаграммы) менее зависят от влаги, а весенние и среднелетние более чувствительны к увлажнению (верхняя часть схемы) (табл. 1).

Первая группа (I: *C. minimus*, *S. orbifer*) характеризуется отрицательными корреляционными связями с теплом ($T = -0.7$) и влажностью ($W = 0.6$). Пик численности *C. minimus*

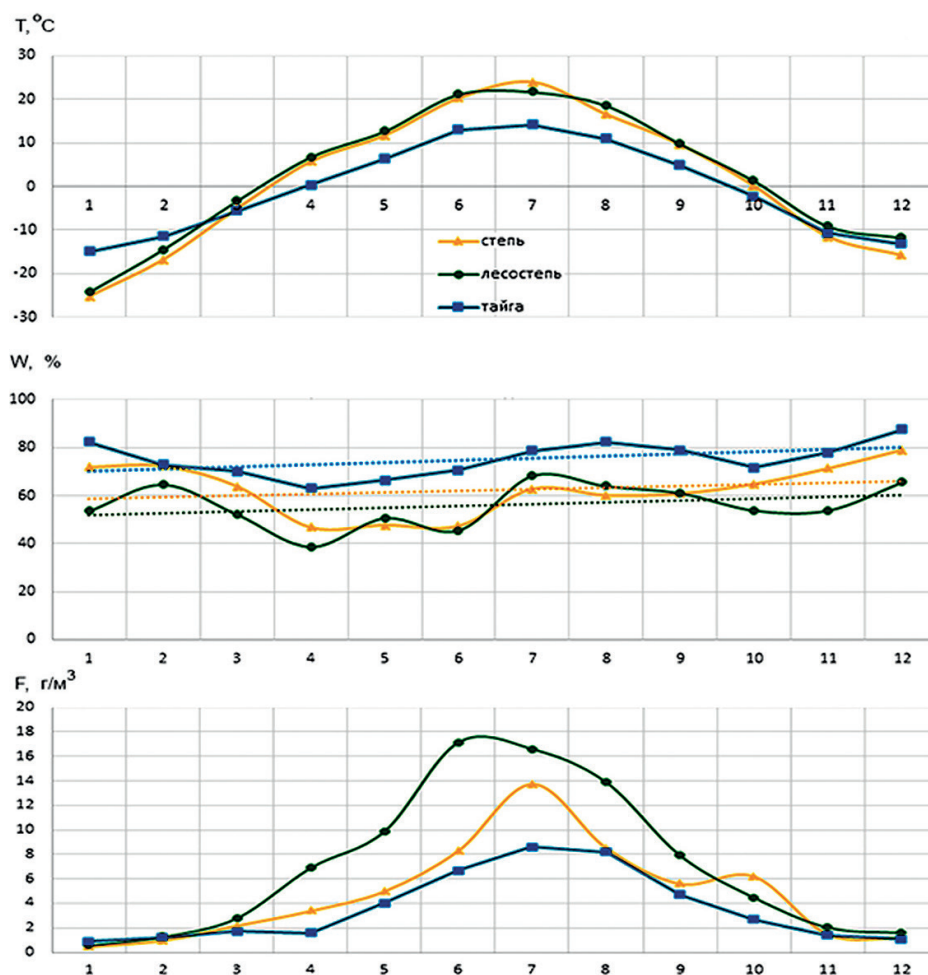


Рис. 4. Сезонная динамика теплообеспеченности (Т) и увлажнения: относительной (W) и абсолютной (F) влажности в степном, лесостепном и таёжном высотных поясах.

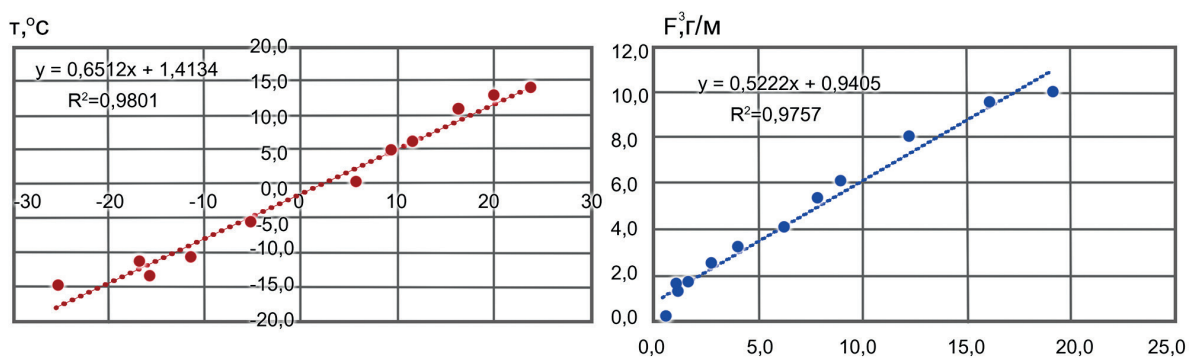


Рис. 5. Корреляция показателей тепла (Т) и влаги (F) степного и таёжного поясов.

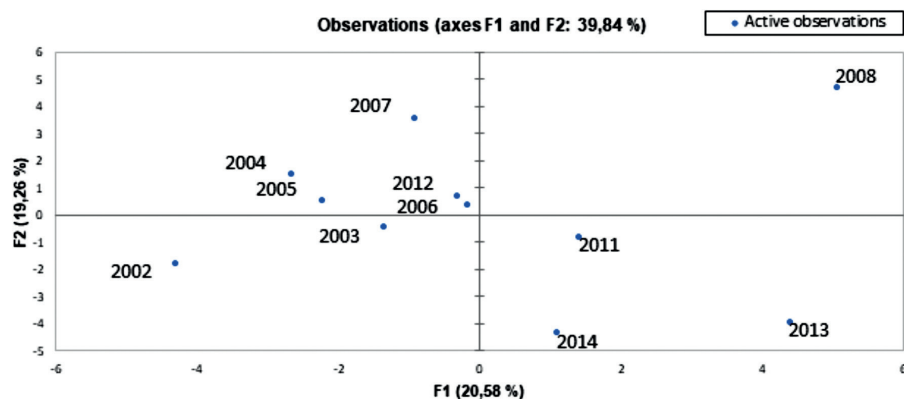


Рис. 6. Динамика погоды и населения *Papilionoidea* в пространстве главных компонент.

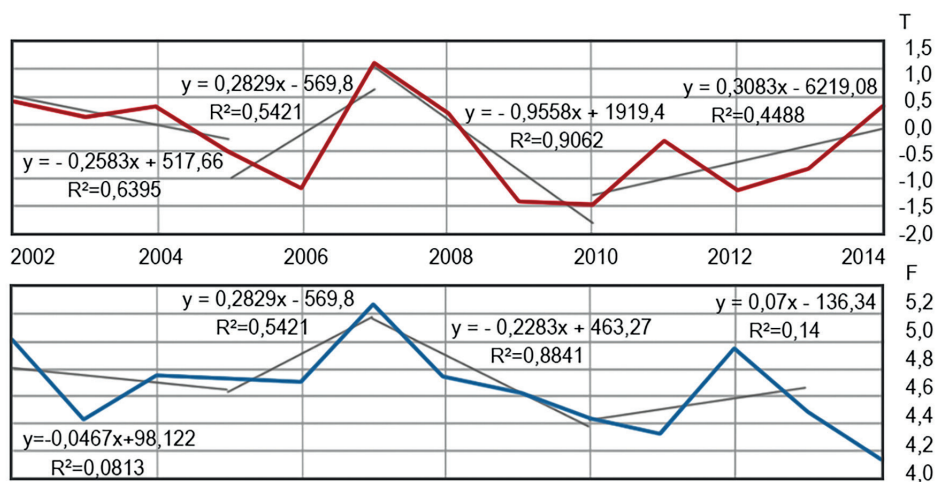


Рис. 7. Динамика среднегодовых показателей температуры (Т) и влажности (F).

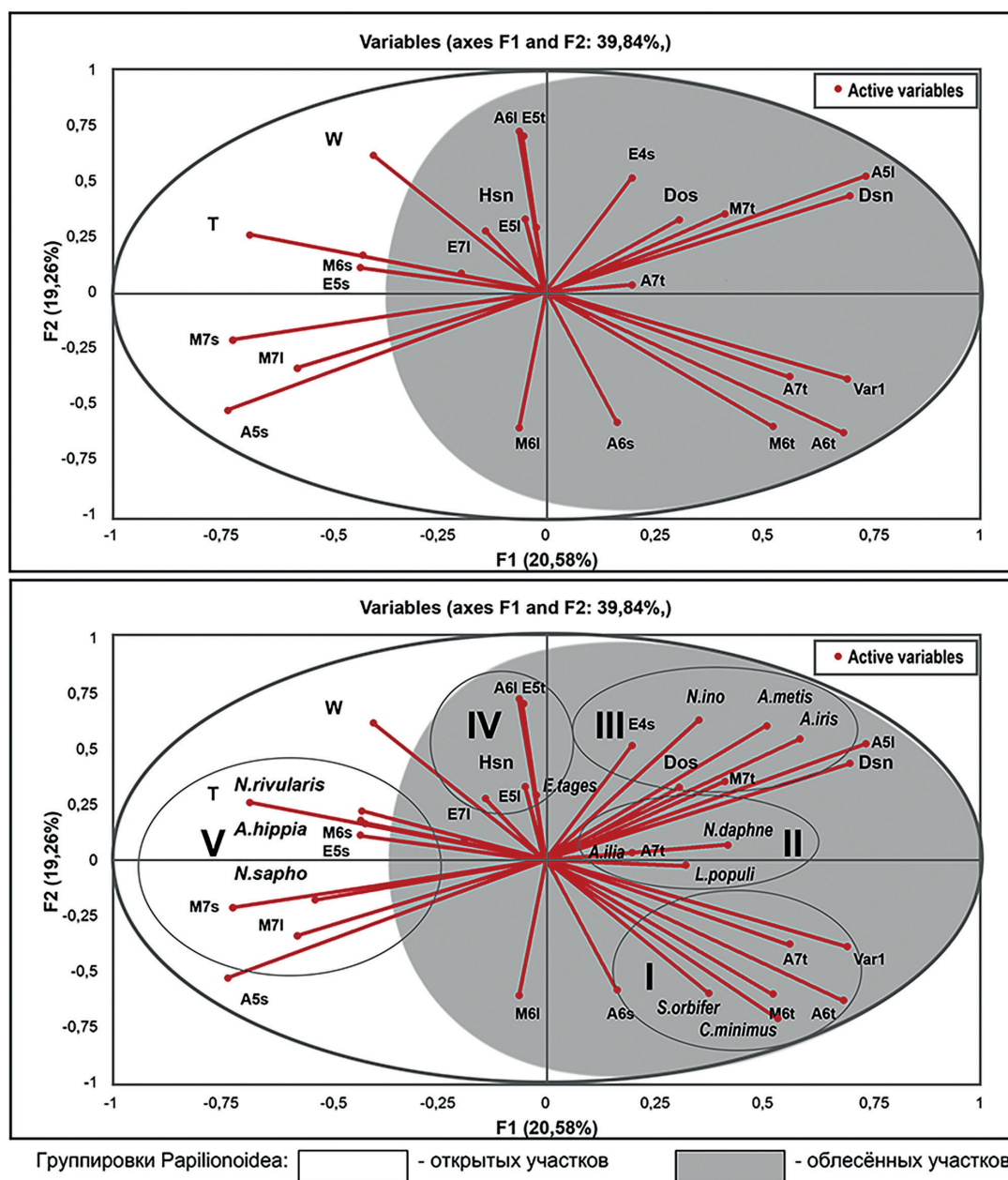


Рис. 8. Связь населения и отдельных видов Papilionoidea с метеорологическими элементами: температура (Т), абсолютная (F) и относительная (W) влажность, высота снежного покрова (Hsn), число дней с осадками (Dos), продолжительность периода снежного покрова (Dsn).

Таблица 1. Фактор нагрузок PCA погоды и населения Papilionoidea главных компонент

Факторы и переменные	Обозначения	F1	F2	F3	F4	F5
	Var1	0.690	-0.382	0.307	-0.091	0.424
Температура среднегодовая	T	-0.680	0.259	-0.281	-0.305	-0.117
Влажность относительная	W	-0.397	0.617	0.376	0.220	-0.318
Дней с осадками	Dos	0.306	0.328	0.295	0.016	0.444
Дней со снеговым покровом	Dsn	0.698	0.437	0.312	-0.120	-0.215
Высота снежного покрова	Hsn	-0.048	0.333	0.679	-0.332	-0.002
Переливница большая	<i>A.iris</i>	0.581	0.544	-0.562	0.031	0.017
Переливница замещающая	<i>A.metis</i>	0.508	0.603	-0.519	-0.146	-0.157
Переливница илия	<i>A.ilia</i>	0.086	0.069	0.174	0.445	0.714
Ленточник тополевый	<i>L.populi</i>	0.321	-0.017	-0.138	0.539	0.571
Белянка барбарисовая	<i>A.hippia</i>	-0.425	0.180	-0.210	-0.404	0.050
Пеструшка сапфо	<i>N.sappho</i>	-0.530	-0.176	-0.286	0.152	-0.161
Пеструшка речная	<i>N.rivularis</i>	-0.424	0.221	-0.594	-0.024	-0.125
Перламутровка дафна	<i>N.daphne</i>	0.416	0.068	-0.289	0.415	0.321
Таволжанка	<i>B.ino</i>	0.351	0.625	-0.572	-0.253	-0.133
Толстоголовка тагес	<i>E.tages</i>	-0.024	0.298	0.751	-0.248	-0.163
Толстоголовка пятнистая	<i>S.orbifer</i>	0.374	-0.590	0.186	0.096	-0.513
Голубянка карликовая	<i>C.minimus</i>	0.531	-0.707	0.197	-0.217	-0.268
Тайга, III декада мая	E5t	-0.062	0.726	0.370	0.369	-0.342
Тайга, I декада июня	A6t	0.684	-0.622	0.056	0.019	-0.156
Тайга, II декада июня	M6t	0.519	-0.596	0.148	-0.159	-0.377
Тайга, I декада июля	A7t	0.198	0.038	-0.027	0.458	0.263
Тайга, II декада июля	M7t	0.410	0.355	-0.501	-0.237	-0.468
Лесостепь, I декада мая	A5l	0.733	0.523	-0.121	-0.302	0.190
Лесостепь, III декада мая	E5l	-0.141	0.273	0.842	-0.188	-0.002
Лесостепь, начало июня	A6l	-0.054	0.703	0.534	-0.147	-0.063
Лесостепь, II декада июня	M6l	-0.062	-0.601	0.029	-0.582	0.235
Лесостепь, I декада июля	A7l	0.558	-0.371	0.247	0.232	-0.341
Лесостепь, II декада июля	M7l	-0.571	-0.335	0.343	-0.137	0.134
Лесостепь, III декада июля	E7l	-0.196	0.089	-0.327	-0.329	0.034
Степь, III декада апреля	E4s	0.197	0.519	0.697	-0.266	0.055
Степь, I декада мая	A5s	-0.733	-0.523	0.121	0.302	-0.190
Степь, III декада мая	E5s	-0.427	0.113	-0.262	0.700	-0.444
Степь, I декада июня	A6s	0.164	-0.580	-0.368	-0.590	0.029
Степь, II декада июня	M6s	-0.416	0.167	-0.406	-0.560	0.369
Степь, II декада июля	M7s	-0.718	-0.208	0.216	-0.214	0.219

Примечание: F1–F5 – главные компоненты анализа PCA; T – температура; W – влажность; Dos – количество дней с осадками; Dsn – количество дней со снеговым покровом; Hsn – высота снежного покрова; A – I декада; M – II декада; E – III декада; 5 – май; 6 – июнь; 7 – июль; t – тайга; l – лесостепь; s – степь.

в лесном поясе в июне определяет близость этой группы с июньскими вариантами населения Papilionoidea всех высотных поясов (A6t, M6t).

Виды второй группы (II: *B. daphne*, *L. populi*, *A. ilia*) коррелируют с числом дней

с осадками (Dos = 0.5) и близким к нейтральному отношению к теплу (T = 0.5). Эти виды вместе с раннеиюльским вариантом населения Papilionoidea (A7t) (с доминантами *Lycaeides subsolanus*, *Polyommatus amanda*, *Vacinia orbitulus*) вылетают и становятся

обычными в начале июля, когда заканчивается июньская засуха и начинаются дожди.

Виды третьей группы (III: *A. iris*, *A. metis*, *B. ino*) связаны с осадками ($D_{sn} = 0.7$), температурой ($T = -0.7$) по F1 и с влажностью воздуха ($W = 0.6$) по F2. Они вылетают и становятся обычными позднее видов предыдущей группы (ближе к концу первой декады июля), когда дни в лесном поясе становятся более прохладными. К этому времени в середине июля (M7t) увеличивается суммарное обилие населения дневных чешуекрылых с теми же доминантами *L. subsolanus*, *P. amanda*, *V. orbitulus*.

Сходны требования к влаге у толстоголовки тагес из четвёртой группы (IV: *E. tages*), численность которой тесно взаимосвязана с высотой снежного покрова ($H_{sn} = 0.7$) по F3. Это может быть объяснено ранними сроками лёта бабочек этого вида, когда основным источником влаги являются тающие снега.

У видов пятой группы (V: *A. hippia*, *N. rivularis*, *N. sappho*) в левой верхней части диаграммы прослеживается тесная связь с температурой ($T = 0.7$) и с продолжительностью периода снежного покрова ($D_{sn} = 0.7$) по F1. В пользу этого свидетельствует тот факт, что первый из видов биотопически привязан к наиболее прогреваемым и сухим ме-

стам лесного пояса – каменистым россыпям. Предпочтения *N. rivularis* в Забайкалье связаны с лугово-степными ландшафтами межгорно-низкогорных пространств [Гордеев, 2011], где, по нашим наблюдениям, на ксерофитном растении *Spiraea aquilegifolia* развиваются его гусеницы. Сложно объяснить приуроченность к этой группе *N. sappho*, биотопические предпочтения которого в Восточном Забайкалье сходны с неморальными видами родов *Apatura*, *Limenitis*, *Neptis* [Гордеев, 2011]. Подобная ксерофильность свойственна сообществу Papilionoidea степного населения поздневесенне-летнего периода (A5s, E5s, M6s, M7s) с доминирующими ксерофильными видами *Tongeia fisheri*, *Hipparchia autonoe*, *Glabroculus cyane*, *Coenonympha amaryllis*.

Таким образом, для населения дневных бабочек Западного Забайкалья наиболее значимо влияние температуры и влажности. При этом неморальные и экологически близкие им виды зависят в первую очередь от условий увлажнения, что подтверждается показателями факторов нагрузок (см. табл. 1): высокое число дней с осадками (0.4) по F5 (*Apatura ilia* – 0.7, *Limenitis populi* – 0.6, *Brenthis daphne* – 0.3); число дней со снежным покровом и влажность воздуха в целом (*Apatura metis* – 0.5 и 0.6; *Brenthis ino* – 0.4 и 0.6; *A. iris* – 0.6

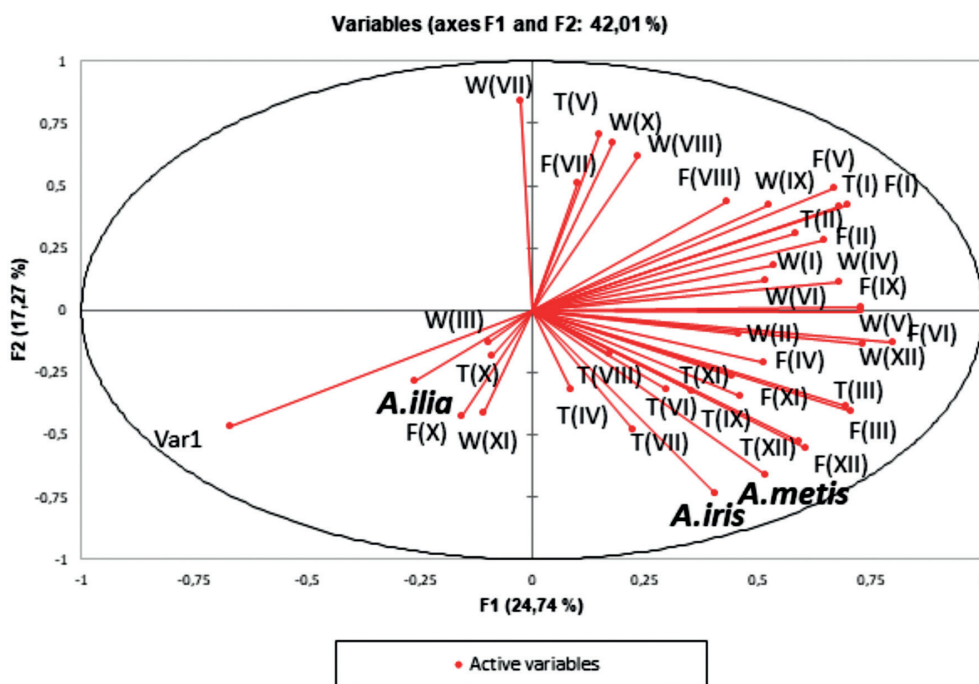


Рис. 9. Связь видов рода *Apatura* с метеорологическими факторами: температура (T), абсолютная (F) и относительная (W) влажность отдельных месяцев (I–XII – январь – декабрь).

Таблица 2. Динамика изменений среднемесячных показателей температуры, абсолютной влажности и суммы осадков в Улан-Удэ в 2002–2014 гг.

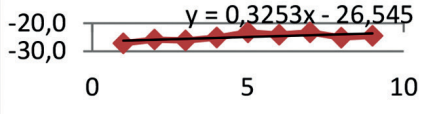
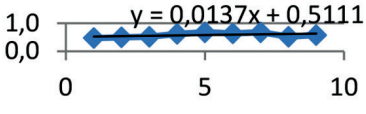
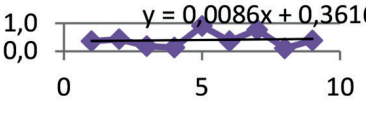
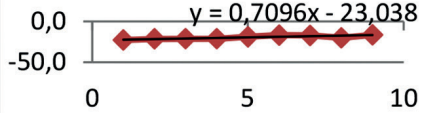
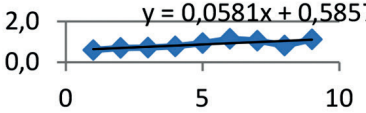
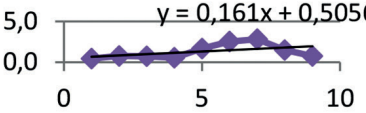
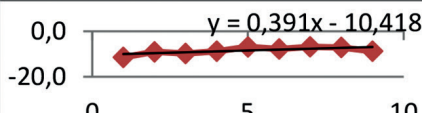
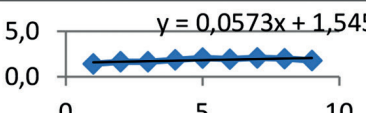
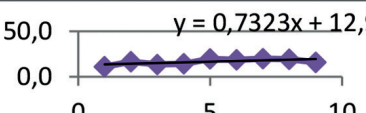
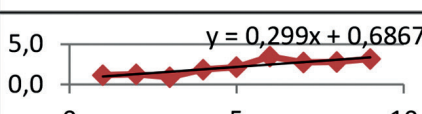
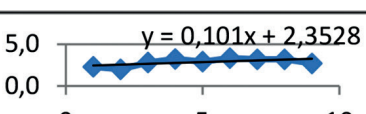
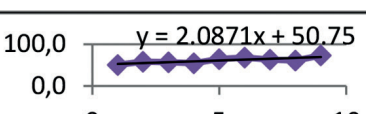
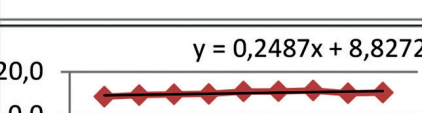
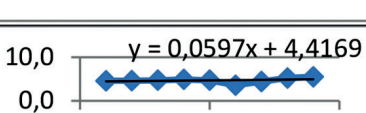
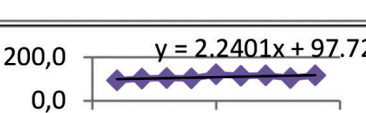
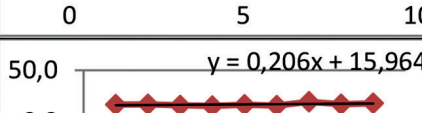
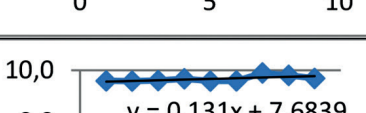
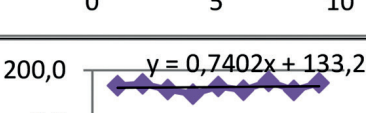
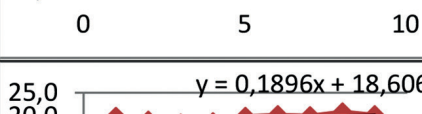
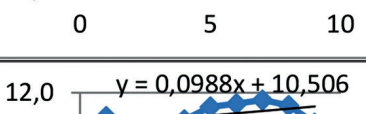
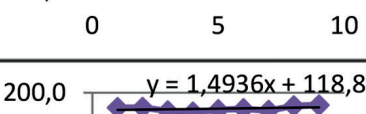
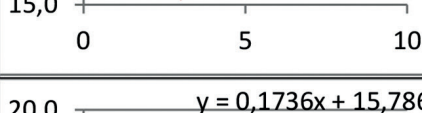
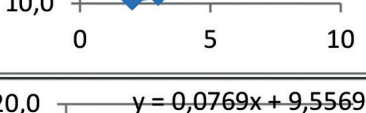
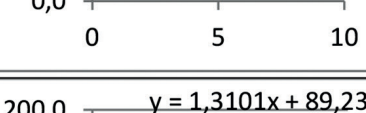
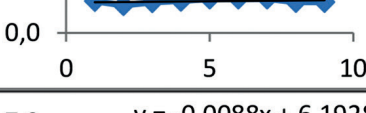
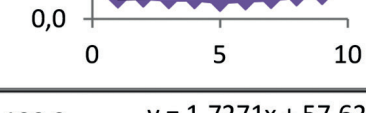
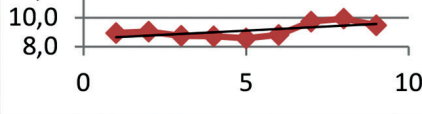
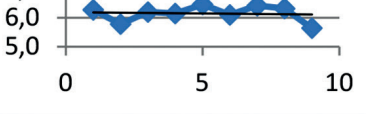
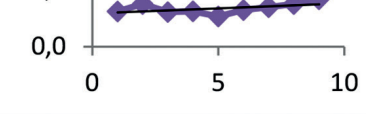
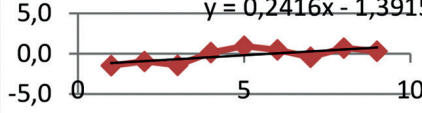
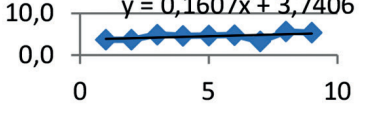
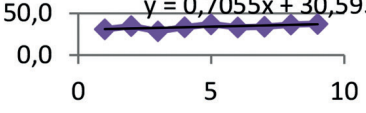
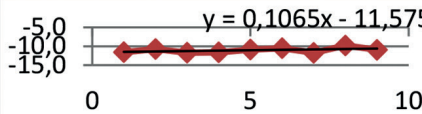
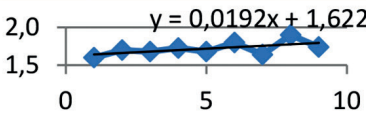
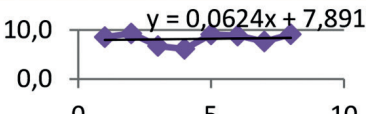
	Температура, T (°C)	Влажность, F (г/м²)	Осадки, RR (мм)
Январь	 $y = 0,3253x - 26,545$	 $y = 0,0137x + 0,5111$	 $y = 0,0086x + 0,3616$
Февраль	 $y = 0,7096x - 23,038$	 $y = 0,0581x + 0,5857$	 $y = 0,161x + 0,5056$
Март	 $y = 0,391x - 10,418$	 $y = 0,0573x + 1,545$	 $y = 0,7323x + 12,9$
Апрель	 $y = 0,299x + 0,6867$	 $y = 0,101x + 2,3528$	 $y = 2,0871x + 50,75$
Май	 $y = 0,2487x + 8,8272$	 $y = 0,0597x + 4,4169$	 $y = 2,2401x + 97,72$
Июнь	 $y = 0,206x + 15,964$	 $y = 0,131x + 7,6839$	 $y = 0,7402x + 133,23$
Июль	 $y = 0,1896x + 18,606$	 $y = 0,0988x + 10,506$	 $y = 1,4936x + 118,86$
Август	 $y = 0,1736x + 15,786$	 $y = 0,0769x + 9,5569$	 $y = 1,3101x + 89,231$
Сентябрь	 $y = 0,1146x + 8,542$	 $y = -0,0088x + 6,1928$	 $y = 1,7271x + 57,626$
Октябрь	 $y = 0,2416x - 1,3915$	 $y = 0,1607x + 3,7406$	 $y = 0,7055x + 30,593$
Ноябрь	 $y = 0,1065x - 11,575$	 $y = 0,0192x + 1,6226$	 $y = 0,0624x + 7,8912$
Декабрь	 $y = -0,0229x - 20,633$	 $y = -7E-05x + 0,8336$	 $y = -0,0273x + 9,92$

Таблица 3. Угловые коэффициенты трендов среднемесячных показателей температуры (Т), абсолютной влажности (F), суммы осадков (RR) в Улан-Удэ в 2002–2014 гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Т	0.3	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0
F	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0
RR	0.0	0.2	0.7	2.1	2.2	0.7	1.5	1.3	1.7	0.7	0.0	0.0

и 0.5). Виды, приуроченные в лесном поясе к открытым участкам, – *Aporia hippia*, *Neptis sappho* – в большей степени зависимы от температуры (0.4 и 0.5).

С целью детализации влияния сезонных изменений температуры и влажности на виды рода переливницы предпринят анализ PCA (рис. 9).

Кроме того, проведено последовательное сравнение усреднённых помесечно показателей метеоданных периода исследований 2002–2014 гг. (табл. 2). Анализ среднемесячных показателей по годам выявил незначительный, но непрерывный рост осенних температур, влажности воздуха и осадков в последние десятилетия. Так, оказались положительными угловые коэффициенты погодных трендов октября ($K_T = 0.2$; $K_F = 0.2$; $K_{RR} = 0.7$), благоприятно повлиявшие на численность *A. ilia* (см. табл. 2, 3). Аналогично смягчение температур зимних и ранневесенних месяцев ($K_T = 0.3–0.7$) при положительном тренде влажности ($K_F = 0.1$) и возрастающем количестве осадков ($K_{RR} = 0.0–2.1$) способствовало благополучной зимовке переливниц *A. iris* и *A. metis*.

Заключение

Анализ динамики численности и состава населения Papilionoidea в Селенгинском среднегорье в связи с изменениями погодных условий в последние десятилетия подтвердил результаты прежних работ, где отмечалось, что как отдельные виды чешуекрылых, так и население дневных чешуекрылых восточной части Забайкалья зависят в первую очередь от температуры и влажности [Гордеев, Гордеева, 2019; Гордеев и др., 2023]. Для лесных видов важны такие показатели, как влажность воздуха, осадки, уровень снегового покрова. Виды открытых ландшафтов более зависимы от температуры и степени устойчивости снежного покрова. Для видов рода *Apatura* sp.,

существующих в Забайкалье, особенно актуальны условия холодного сезона и зимовки гусениц: для *A. ilia* – *позднеосеннего периода*; для *A. metis* и *A. iris* – зимы – начала весны. Полученные результаты подтверждают выводы прежних работ о том, что продвижению неморальных видов чешуекрылых в глубь Сибири способствовали изменившиеся здесь условия тепла и влажности. Затяжная, тёплая и влажная осень, снежная зима и раннее наступление весны обеспечили благополучие зимовки *Apatura* в Западном Забайкалье. Всё это привело к освоению переливницами ранее недоступных для них территорий.

Таким образом, выявленные изменения режима температуры и увлажнения создают условия для устойчивого существования и дальнейшего продвижения неморальных видов в Восточную Сибирь. Полученные результаты позволяют объяснить наблюдаемое расширение их ареалов и могут быть использованы для прогноза дальнейших процессов биогеографической экспансии.

Благодарности

Исследования проведены при поддержке фонда РФФИ 2008–2010 гг. (проект № 08-04-98023-р_сибирь_а) и в рамках Плана фундаментальных научных исследований РАН: «Разнообразие биоты наземных экосистем Байкальского региона: структурно-функциональные и эколого-географические особенности» (Регистрационный номер: 126021217233-0).

Литература

- Амшеев Р.М., Болдаруев О.В. Надзор и прогнозирование численности вредителей леса. Улан-Удэ: Бурятский филиал СО АН СССР, 1987. 76 с.
Ананин А.А., Ананина Т.Л. Долговременные изменения абиотических факторов в Баргузинском заповеднике // Мониторинг природных комплексов Северо-Восточного Прибайкалья. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2002. С. 9–47.

- Беликович А.В., Галанин А.В. Изменения в растительном покрове Сохондинского заповедника по результатам ревизии геоботанических пробных площадей (1983–2001) // Растительный и животный мир Сохондинского заповедника. Чита; Владивосток, 2002. С. 14–35.
- Гандин Л.Ц., Тараканова В.П. К методике согласования наблюдений с данными численного прогноза // Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1980. С. 56–67.
- Глызин Л.А. Современная динамика границы леса со степью на о. Ольхон // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: матер. междунар. науч. школы-конференции студентов и молодых учёных (г. Абакан, 26–29 ноября). Абакан, 2003. Т. 1. С. 121–122.
- Гордеева Т.В., Гордеев С.Ю. Влияние сезонных изменений климата на население переловниц (*Aratura*, *Papilionoidea*, *Lepidoptera*) Селенгинского Среднегорья // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: мат-лы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Улан-Удэ, 15–18 июня 2021 г.): электронный вариант. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2021. С. 115–116.
- Гордеев С.Ю. Дневные чешуекрылые (*Lepidoptera*, *Hesperioidea*, *Papilionoidea*) Верхнеамурского среднегорья: дис. канд. биол. наук: 03.00.09 – Энтомология. Новосибирск, 2006. 269 с.
- Гордеев С.Ю. Население *Diurna* (*Lepidoptera*) в Забайкалье // Вестник Бурятского государственного университета. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2016b. Вып. 1. С. 41–46.
- Гордеев С.Ю. Находки неморальных видов нимфалид (*Lepidoptera*, *Diurna*) в юго-западной части Забайкальского края // Евразийский энтомологический журнал. 2016a. № 15. С. 563–565.
- Гордеев С.Ю. О сопоставлении двух методик учёта численности дневных бабочек (*Lepidoptera*, *Diurna*) // Экология в современном мире: взгляд научной молодёжи: матер. Всерос. конф. молодых учёных. Улан-Удэ: Изд-во РЦМП МЗ РБ, 2007. С. 17–19.
- Гордеев С.Ю. Распределение дневных бабочек (*Lepidoptera*, *Diurna*) в Верхнеамурском среднегорье // Учёные записки Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н.Г. Чернышевского. Чита, 2011. № 1. С. 56–61.
- Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. Выделение неморальных и отдельной группы таёжных видов чешуекрылых (*Lepidoptera*) для мониторинговых работ в черновой тайге хребта Улан-Бургасы // Природа Внутренней Азии. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2017. Вып. 2. С. 7–20.
- Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. О причинах проникновения видов *Aratura Fabricius*, 1807 (*Lepidoptera*, *Nymphalidae*) в Западное Забайкалье // Российский журнал биологических инвазий. 2019. № 4. С. 2–11.
- Гордеев С.Ю., Гордеева Т.В. Корсун О.В. О причинах расширения ареала *Limenitis sydyi* (*Lepidoptera*, *Nymphalidae*) в Забайкалье // Российский журнал биологических инвазий. 2023. № 4. С. 40–23.
- Гордеев С.Ю., Филиппов А.В. Новые находки дневных чешуекрылых (*Lepidoptera*, *Diurna*) на территории Западного Забайкалья // Вестник Бурятского государственного университета. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского гос. ун-та, 2014. № 4. С. 72–73.
- Дулепова Б.И., Уманская Н.В. Динамика растительных сообществ в Сохондинском заповеднике // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. Т. 1. С. 58–66.
- Исаев А.С., Хлебопрос Р.Г., Недорезов Л.В., Кондаков Ю.П., Киселёв В.В. Динамика численности лесных насекомых. Новосибирск: Наука, 1984. 246 с.
- Каталог чешуекрылых (*Lepidoptera*) России / В.В. Аникин, С.В. Барышникова, Е.А. Беляев и др. Зоологический институт РАН. 2-е изд. СПб., 2019. 448 с.
- Кондаков Ю.П. Закономерности массовых размножений сибирского шелкопряда // Экология популяций лесных животных Сибири. Новосибирск: Наука, 1974. С. 206–265.
- Куликов А.И., Убугунов Л.Л., Мангатаев А.Ц. О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 3. С. 5–13.
- Малков Ю.П. К методике учёта булавоусых чешуекрылых // Животный мир Алтае-Саянской горной страны. Горно-Алтайск, 1994. С. 33–36.
- Шодотова А.А., Гордеев С.Ю., Рудых С.Г., Гордеева Т.В., Устюжанин П.Я., Ковтунович В.Н. Чешуекрылые Бурятии // Биоразнообразие Байкальской Сибири. Новосибирск: Наука; Сибирская издательская фирма РАН, 2007. 252 с.
- Юрченко Ю.А., Белевич О.Э. Малярия и малярийные комары (*Anopheles*, *Culicidae*) Новосибирской области // Сибирский экологический журнал. Новосибирск, 2010. Т. 5. С. 733–737.
- Delpont G., Vogt-Schilb H., Munoz F., Richard F., Schatz B. Diachronic variations in the distribution of butterflies and dragonflies linked to recent habitat changes in Western Europe // *Insect Conservation and Diversity*. 2019. Vol. 12, no. 1. P. 49–68. DOI: 10.1111/icad.12309.
- Dubatolov V.V., Kosterin O.E. Nemoral species of *Lepidoptera* (Insecta) in Siberia: a novel view on their history and the timing of their range disjunctions // *Entomologica Fennica*. 2000. Vol. 11, no. 3. P. 141–166. DOI: 10.33338/ef.84061.
- Kudrna O., Harpke A., Lux K., Pennerstorfer J., Schweiger O., Settele J., Wiemers M. Distribution Atlas of Butterflies in Europe. Halle: Gesellschaft für Schmetterlingsschutz, 2011. 576 pp.
- Parmesan C., Ryrholm N., Stefanescu C., Hill J.K., Thomas C.D., Descimon H., Huntley B., Kaila L., Kullberg J., Tammaru T., Tennent W.J., Thomas J.A., Warren M.S. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming // *Nature*. 1999. Vol. 399, no. 6736. P. 579–583. DOI: 10.1038/21181.
- Settele J., Kudrna O., Harpke A., Kühn I., van Swaay C., Verovnik R., Warren M., Wiemers M., Hanspach J., Hickler T., Kühn E., van Halder I., Veling K., Vliegthart A., Wynhoff I., Schweiger O. Climatic Risk Atlas

- of European Butterflies. Sofia–Moscow: Pensoft, 2008. 710 pp. (BioRisk. Vol. 1, Special Issue).
- Swaay C.A.M., Harpke A., Van Strien A., Fontaine B., Stefanescu C., Roy D., Maes D., Kühn E., Öunap E., Regan E.C., Švitra G., Heliölä J., Settele J., Musche M., Warren M.S., Plattner M., Kuussaari M., Cornish N., Schweiger O., Feldmann R., Julliard R., Verovnik R., Roth T., Brereton T., Devictor V. The impact of climate change on butterfly communities 1990–2009. Wageningen: Butterfly Conservation Europe & De Vlinderstichting, 2010. Report VS2010.025. 22 pp.
- Wentzell P.D., Hou S. Exploratory data analysis with noisy measurements // *Journal of Chemometrics*. 2012. Vol. 26, no. 6. P. 264–281. DOI: 10.1002/cem.2428.
- Yakovlev R.V., Kostyunin A.E. Range expansion of *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) in Siberia (Lepidoptera: Nymphalidae) // *SHILAP Revista de Lepidopterología*. 2015. Vol. 43, no. 170. P. 305–308.

CLIMATE CHANGE AS A DRIVER OF RANGE EXPANSION OF NEMORAL PAPILIONOIDEA (LEPIDOPTERA) INTO EASTERN SIBERIA

© 2026 Gordeev S.Yu.*, Gordeeva T.V.**, Zaitseva S.V.***

Institute of General and Experimental Biology of SB RAS, Ulan-Ude,
email: *gordeevs07@mail.ru; **tagor71@mail.ru; ***svet_zait@mail.ru

Based on long-term transect counts conducted in three altitudinal belts (steppe, forest-steppe, and taiga) and meteorological station data from 2002 to 2014, we applied principal component analysis (PCA) to identify the key climatic factors driving the population dynamics of Papilionoidea (butterflies) in the Selenginskoe mid-mountains (Western Transbaikalia). The community dynamics were most closely linked to variations in temperature and humidity. We revealed clear ecological differentiation: forest-dwelling species were more strongly influenced by moisture-related variables (air humidity, precipitation, and snow depth), whereas species of open habitats were more sensitive to thermal conditions. Our results further demonstrate that successful overwintering and range expansion of nemoral species, particularly those of the genus *Apatura*, are facilitated by a specific combination of cold-season conditions—warm and wet autumns, stable snow cover, and early springs. These findings confirm that regional climate changes, manifested in moderated temperature and moisture regimes, are a key mechanism driving the eastward expansion of nemoral Lepidoptera into Eastern Siberia. The climatic predictors identified in this study may serve as valuable tools for forecasting further range shifts of these species.

Keywords. Transbaikalia, population dynamics, temperature, humidity, altitudinal zonation, Principal Component Analysis (PCA), climatic predictors.