



УДК 591.9 : 592(47)

ВЕКОВАЯ ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА, МИКРОКЛИМАТ И ИЗМЕНЕНИЕ АРЕАЛОВ НАСЕКОМЫХ. 1. ТЕМПЕРАТУРА И ТЕРМОПРЕФЕРЕНДУМ¹

А.В. Присный
Е.В. Негин

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет. Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: prisniy@bsu.edu.ru*

Изменение состава региональных фаун, сопряженное со смещением границ ареалов видов, может быть объяснено как антропогенным преобразованием ландшафтов, так и вековой динамикой регионального климата. Предполагается, что расширение ареалов связано с двумя этими факторами, объединяемыми микроклиматическими условиями, соответствующими экологическому стандарту вида. Увеличение суммы активных температур в весенне-летний период за последние 30-40 лет для пойкилотермных животных создает эффект смещения июльской изотермы из зоны центральной степи в южную лесостепь.

Ключевые слова: региональный климат, микроклимат, термопреферендум, границы ареалов насекомых.

Введение

Инвентаризация локальных фаун важна по нескольким причинам. Основные из них и наиболее очевидные: необходимость установления реального биоразнообразия (того или иного) региона и отслеживания изменений, происходящих вследствие естественной и антропогенной динамики видовых ареалов и их популяционных «кружев». Менее понятны и часто ускользают из анализа собственно механизмы происходящих изменений в реальных фаунах и их формальном выражении – фаунистических списках.

Представление о составе локальной фауны необходимо для: оценки характера и интенсивности отношений человека с известными и потенциально значимыми для него видами в настоящем; соответствующих прогностических оценок; создания исходной базы мониторинга изменений. Объяснение причин изменений требует хорошего знания истории и результатов изучения фауны региона, динамики его макро- и мезоклимата, ландшафтной обстановки, исчезновения аборигенных видов, появления адвентивных видов и видов-интродуцентов. Такой широкий подход к проблеме обнаружения ранее неизвестных для фауны региона видов легко продемонстрировать на результатах фаунистических исследований, проведенных в 2004-2011 гг. на территории Белгородской области, соответствующей югу и юго-востоку Среднерусской возвышенности. Биogeографически эта территория соответствует диффузному участку границы между южной лесостепью и степью [1, 2], а генезис фауны этой территории сложен [3] и во многих случаях не понятен.

Изменения фауны, в первую очередь рассматриваются с точки зрения ее обеднения или обогащения относительно видового состава, зафиксированного на некоторый предшествующий период времени. При этом в качестве основы для сравнения традиционно рассматриваются интегральные фаунистические списки, т.е. списки, включающие все виды, когда-либо зарегистрированные на выделенной территории. В списочный состав, помимо валидных (на период анализа) видов, нередко включаются сборные виды, кратковременно присутствующие адвентивные виды, названия ошибочно определенных экземпляров, синонимы и прочее. В результате, интегральные списки видов для большинства хорошо изученных территорий содержат значительно больше видов, чем их можно обнаружить за 11-12 лет – минимально значимый для фаунистических учетов промежутков времени (продолжительность «короткого» солнечного цикла). Даже для небольших таксонов проведение масштабных учетов на территориях, соизмеримых с административными областями, с такой периодичностью невозможно и на практике не предпринималось. Для выявления изменений в региональных фаунах беспозвоночных за 100-летний период не достаточно данных: разные таксоны в разные периоды изучались с «разной тщательностью» и не во всех регионах.

Фиксируемые изменения фауны по «своему происхождению» двойственны: частью они отражают реальные природные процессы; частью – являются результатом совокупности субъ-активных факторов. К первой группе можно отнести регистрацию новых для территории ви-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ: ГК №П 351 и ГЗ на 2012 г. № приказа 5.1739.2011.

дов, появляющихся здесь на короткое время в результате естественных (перенос воздушными и водными потоками, форезия, антропохория) или искусственных (интродукция) «заносов», или же устойчиво расширяющих ареалы в ответ на направленные изменения климата, распространения эдификаторов, организаторов консорциев или антропогенную трансформацию среды. В первом случае – это виды, экологический стандарт которых не соответствует совокупности ни природных (зональных, интразональных, экстразональных), ни антропогенных (азональных, экстремальных) факторов в конкретном месте их появления. Обнаружение таких видов чаще всего является результатом случайного «стечения обстоятельств»: вселенец и сборщик оказались в одном и том же месте в одно время (встречен – пойман – идентифицирован). Во втором случае мы имеем дело с закономерной динамикой фаун, выявление которой определяется наличием, тщательностью и длительностью фаунистических исследований на данной территории. Отчасти сюда можно отнести и регистрацию видов, имеющих длительные циклы динамики численности, «неуловимых» в период депрессии и заметных на пиках. Некоторым «оправданием» для фаунистики по поводу неполноты данных служит сопоставимость длительности популяционных циклов, подчиняющихся «солнечному» – 11.13 года, «вековому» – 90 лет, «малого парада планет» – 178 лет или более длительным ритмам и продолжительности изучения региональных фаун – 100-150 лет. По многим таксонам беспозвоночных, даже для Центрального региона России, до настоящего времени фаунистических списков не существует). Кроме того, не следует забывать и о том, что между сбором и идентификацией вида «стоит» специалист-систематик, обеспечивающий лично или посредством составленного им определительного ключа возможность точной идентификации этого вида.

Пополнение фаунистических списков идет, прежде всего, за счет ранее не изучавшихся или плохо изученных таксонов и расширения исследований на новые пункты и биотопы. В некоторых случаях приведение новых для регионов видов связано с новоописаниями, изменениями номенклатуры и исправлением ранее допущенных ошибок в определении видов. Наиболее же ценные сведения с точки зрения реальных процессов, происходящих в локальных фаунах, получают при сопоставлении регионального разнообразия отдельных хорошо изученных в систематическом и фаунистическом отношении таксонов через некоторые промежуточные времена. К таковым следует отнести несколько семейств отрядов Прямокрылые (Orthoptera), Полужесткокрылые (Heteroptera), Жесткокрылые (Coleoptera), Жалящие перепончатокрылые (Hymenoptera: Aculeata) и Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera). В этом случае нововывявленные и необнаруженные (из числа ранее известных) виды легко могут быть подвергнуты географическому анализу на предмет общего распространения и известных границ их ареалов относительно пунктов нахождения, что необходимо для объяснения причин и механизмов изменений в локальных фаунах. В условиях направленной и циклической многолетней динамики климата невозможно однозначно определить: являются ли новые точки регистрации вида вне ранее известных границ распространения уточнением ареала или фиксацией его расширения.

Для пойкилотермных животных, к которым относятся и насекомые, в перечень факторов, определяющих «плавное» изменение границ их ареалов, прежде всего, включается динамика климата. При этом важным оказываются мезо- и микроклиматические характеристики анализируемой территории, связанные с ее рельефом, почвенным и растительным покровом, соотношением поглощаемой и отражаемой солнечной энергии.

Целью данной работы является выяснение доминирующих объективных факторов, определяющих пополнение регионального фаунистического списка насекомых.

Материал и методы

Материалом для данной работы послужили коллекционные фонды кафедры биоценологии и экологической генетики, накопленные за последние 7-8 лет (период, не вошедший в обзорную монографию А.В. Присного [3]).

Сбор материала производился в большинстве административных районов Белгородской области, преимущественно в открытых биотопах, в течение вегетационных периодов (конец апреля – сентябрь). Методы – традиционные: маршрутные учеты кошением энтомологическим сачком, ручной сбор, отлов почвенными ловушками. Объем собранного материала – более 60 тыс. экз.; объем смонтированного для идентификации материала – около 5 тыс. экз.

Результаты исследований и их обсуждение

Продолжительность развития насекомых, а, следовательно, и границы их ареалов, в значительной степени определяются суммами активных (САТ) или эффективных (СЭТ) темпе-



ратур, которые, в свою очередь, зависят от долговременных и кратковременных изменений не только регионального климата, но также от локальных особенностей мезо- и микроклимата.

По данным М.Г. Лебедевой и О.В. Крымской [4] на юге Среднерусской лесостепи продолжительность зимы за период с 1900 по 2006 год сократилась на 10 дней – со 134 дней в 1901-1930 гг. до 124 дней в 1976-2006 гг. За счет этого произошло увеличение периода с показателями температур выше 0°C с 231 дня в начале XX века до 241 в конце XX – начале XXI вв. Как следует из сопоставления сезонных и месячных температурных трендов, средневесенняя температура составляет около 90% средней апрельской температуры. В первое тридцатилетие рассматриваемого периода она равнялась примерно $5,4^{\circ}\text{C}$ при средней продолжительности 53 дня, что соответствует накоплению $280-290^{\circ}$ активных температур. Среднелетняя температура соответствует примерно 93% среднеиюльской. В 1900-1930 гг. ее значение составляло около $18,6^{\circ}\text{C}$, что при продолжительности лета 108 дней приводило к накоплению $2005-2015^{\circ}$ САТ. За весь весенне-летний период в первой трети XX века САТ достигала величины около 2300°C . Аналогично рассчитаны весенне-летние САТ ($^{\circ}\text{C}$) за остальные периоды прошлого века и 2005 г. (табл. 1).

Таблица 1

Суммы весенне-летних активных температур в XX – начале XXI века в Белгородской области по данным метеостанции Богородицкое-Фенино (на основе [4])

Сезоны	САТ по периодам (годы)			
	1915 (1900-1930)	1945 (1931-1960)	1975 (1961-1990)	2005
Весна	280-290	285-295	470-480	508
Лето	2005-2015	1775-1785	1895-1905	1880
Всего	2285-2305	2060-2080	2365-2385	2388

С векового температурного минимума (1945 г.) к завершению анализируемого периода (2005 г.) САТ весны, обеспечивающих возможность протекания метаболических процессов у насекомых, увеличилась примерно на 228° , своеобразно увеличив САТ лета. Учитывая, что продолжительность лета в 2005 году составляла 105 дней, добавленные температуры обеспечили для большинства насекомых, у которых температурный порог развития лежит ниже 5°C , эффект повышения средней летней температуры за полвека, практически, на 2°C , что равноценно смещению июльской изотермы [5] за этот же период из зоны центральной степи в южную лесостепь, т.е. с 48° с.ш. на 51° ($300-400$ км) по 36° в.д. (рис. 1).

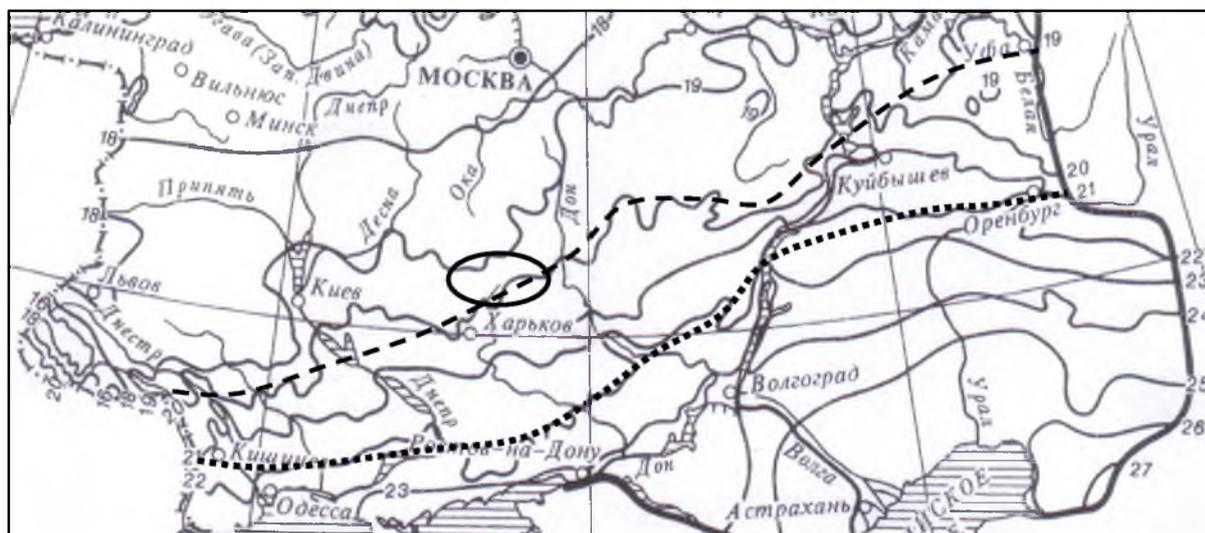


Рис. 1. Эффект смещения июльской изотермы за последние 40 лет (по [5], с изменениями)

Обозначения:

○ - исследуемый регион; ——— положение июльской изотермы в начале последней трети XX в.; ——— эффект смещения июльской изотермы при накоплении дополнительной суммы активных температур в апреле-мае

Январская изотерма в течение столетия претерпевала еще большие изменения. Так, в начале века линия тренда проходила около отметки $-6,5^{\circ}\text{C}$, в середине 40-х годов соответствовала -9°C , к началу 90-х годов, показатели тренда были снова около $-6,5^{\circ}\text{C}$, а в 2005 году, уже вблизи -5°C (рис. 1). В начале 60-х годов прошлого столетия январская изотерма -5°C проходила по территории южной Украины.

Близкий к 100-летнему ритм изменения средних температур холодного и теплого периодов, находящихся в противофазе, с 1840 по 2004-2005 гг. отмечен и для Луганской области [6, 7.. Обработка этих данных с применением компьютерно-регрессионного анализа [8] показала, что среднегодовая температура за указанный период в целом выросла на 1,1°C (с 7,5°C до 8,6°C), прежде всего за счет потепления холодного периода (с -2°C до 0°C). В XX в. температурные максимумы холодного периода приходились на 1915 и 200(5) гг., а минимум – на 1950–1955 гг. Средние температуры летнего периода здесь увеличились лишь с 17,0°C до 17,2°C при максимуме в начале 60-х годов. Т. е. общая тенденция повышения среднегодовых температур, температур холодного и теплого периодов в южной лесостепи в XX в. была более выраженной, чем в степной зоне и проявлялась с некоторым запаздыванием. При этом не обнаруживается взаимосвязи между динамикой регионального климата и антропогенными факторами [9].

Измерение температуры на оголенных и покрытых кальцефильной растительностью склонах (уклон поверхности 25–30°) различной экспозиции в точках, расположенных на одном уровне и на вершине мелового «лба» (южная окраина с. Борки Валуйского района Белгородской области), проведенные нами 23 мая 2002 г, показали (табл. 2), что минимальный перепад температур по склонам разной экспозиции наблюдается в утренние часы в почвенном горизонте открытого мела, а максимальный – в полдень на его поверхности. Наименьшие дневные колебания температуры происходят в почвенном горизонте на склоне северной экспозиции, а наибольшие – на поверхности открытого мела на склоне южной экспозиции. При этом кальцефильная растительность лишь в незначительной степени сглаживает диапазон колебаний температуры.

Таблица 2

Дневной ход температуры на меловых склонах разной экспозиции (с. Борки, Валуйского р-на, Белгородской области, 19.VIII.2001. Электронный термометр SE ama-digit ad 15th, -40...+120°C, погрешность 0.5°C)

Субстрат	Температура (°C) субстрата различной тональности (10-балльная шкала) по склонам разной экспозиции					Δ t°
	вершина	северный	восточ-ный	южный	западный	
1	2	3	4	5	6	7
Время: 7.50-8.00 час. Температура воздуха у подножия «лба» 10,3°C						
Мел	3	3	3	3	3	
поверхность	16.1	11.3	18.5	15.6	13.1	7.7
«почвенный» горизонт	10.5	9.2	12.4	11.8	11.1	3.2
Растительная подушка	Осока низ-кая - 6	Мох - 8	Тимьян -5	Тимьян - 5	Тимьян - 6	
поверхность	17.7	12.3	22.3	18.1	19.5	10.0
«почвенный» горизонт	14.8	9.7	15.0	13.0	11.1	5.3
Время: 12.15-12.30 час. Температура воздуха у подножия «лба» 26,6°C						
Мел	3	3	3	3	3	
поверхность	34.5	24.3	39.9	38.9	34.0	15.6
«почвенный» горизонт	27.3	16.6	27.7	30.1	27.1	13.5
Растительная подушка	Осока низ-кая - 6	Мох - 8	Тимьян -5	Тимьян - 5	Тимьян - 6	
поверхность	38.0	26.2	35.6	40.2	36.2	14.0
«почвенный» горизонт	24.4	18.0	27.6	28.4	29.4	11.4
Время: 16.50-17.00 час. Температура воздуха у подножия «лба» 29,2°C						
Мел	3	3	3	3	3	
поверхность	36.7	27.2	40.1	40.9	35.2	13.7
«почвенный» горизонт	28.5	18.4	29.8	32.6	28.4	14.2
Растительная подушка	Осока низ-кая - 6	Мох - 8	Тимьян - 5	Тимьян - 5	Тимьян - 6	
поверхность	38.3	27.1	35.1	40.3	37.5	13.2
«почвенный» горизонт	24.5	18.1	27.4	29.6	29.6	13.5
Время: 20.50-21.00 час. Температура воздуха у подножия «лба» 20,6 C						
Мел	3	3	3	3	3	
поверхность	30.3	25.1	30.6	32.4	32.7	7.6
«почвенный» горизонт	26.2	17.1	20.5	24.8	25.2	8.1
Растительная подушка	Осока низ-кая - 6	Мох - 8	Тимьян - 5	Тимьян - 5	Тимьян - 6	
поверхность	31.4	25.5	27.7	30.1	29.4	5.9
«почвенный» горизонт	22.7	15.8	22.3	24.0	22.7	8.2



Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Диапазон колебаний с 8.00 до 21.00 час.: Температура воздуха у подножия «лба» - 18,9°С						
Мел	3	3	3	3	3	
поверхность	20.6	15.9	21.6	25.3	22.1	8.0
«почвенный» горизонт	18.0	9.2	17.4	20.8	17.3	11.0
Растительная подушка	Осока низ- кая – 6	Мох – 8	Тимьян – 5	Тимьян – 5	Тимьян – 6	
поверхность	20.6	14.8	13.3	22.2	18.0	8.1
«почвенный» горизонт	9.7	9.6	12.6	16.6	18.5	8.2

Измерение температуры мела (тональность 3 по 10-балльной шкале) и супесчаной почвы (тональность 4) в точках, удаленных друг от друга на 2 м, на склоне южной экспозиции (уклон 20-25°) в урочище «Калюжный яр» (1,5 км севернее п. Ровеньки, Белгородская область) 21 августа 2001 г. показало, что максимальной разницы они достигали в полдень (13-14 часов) и составляли, соответственно, 34.2° и 52.4° на поверхности и 32.0° и 44.6° в почвенном горизонте на глубине 5 см при температуре воздуха на высоте 1.5 м 32.5°. Минимальная же разница наблюдалась в раннеутренние часы в почвенном горизонте, когда в меловом субстрате она составляла 18.6°, а в почве – 16.8°. В целом же экспозиционные различия и суточные вариации температуры на развитых почвах (на поверхности и в обитаемом горизонте) существенно (на 4-20°) превышают таковые на меловых обнажениях, что согласуется с данными, приводимыми В.Б. Михно [10: 86].

Одновременно с более низкой и сглаженной в динамике температурой, мел, обладая высоким альбедо, способен обеспечивать дополнительный по отношению к другим источникам тепла (субстрат, окружающий воздух, прямые солнечные лучи) нагрев тел, находящихся над его поверхностью, что особенно сказывается на членистоногих, кутикула которых пигментирована меланином, если они оказываются на «светлом» фоне [11, 12, 13].

Температура тела насекомых, как, впрочем, и любых дискретных в пространстве тел, определяется, в отсутствие прямого солнечного излучения в покое, – температурой среды, в состоянии активности, дополнительно, – эндогенным теплом. Прямое солнечное излучение в сочетании с альбедо субстрата, в зависимости от соотношения цветности и интенсивности окраски тела и субстрата ((минеральный состав, цветность, влажность, угол падения солнечных лучей, (сумма прямого излучения и альбедо), органические примеси, растительный покров)) [12, 13] может повышать температуру тела по отношению к температуре среды на 4°С и более. И в одном и в другом случаях, охлаждающее действие, особенно на непрогретаемых склонах, и в сумеречное и ночное время, оказывает скопление и движение более прохладного воздуха.

Измерение фактической температуры (модельных) тел в реальных биотопических условиях производилось с помощью программируемых электронных терморегистраторов DS1921G-F5. В таблице 3 представлены результаты измерений уровня нагрева открыто расположенных терморегистраторов в дневное время с 10 апреля по 9 мая 2011 г., – в период, по нашему мнению, наиболее значимый для увеличения суммы активных и эффективных температур пойкилотермными организмами в условиях роста среднегодовых температур.

Максимальный нагрев терморегистраторов в пунктах их установки в выделенном временном интервале имел разную частоту на разных субстратных фонах (в скобках – равнозначный максимум на другом субстратном фоне):

степь, плакор, растительный опад, чернозем – 14+(7), в т.ч. 12.00 час. – 13, 16.00 час. – 8;
обнажение пещего мела, плакор, растительный опад – 37+(8), в т.ч. 12.00 час. – 20, 16.00 час. – 25;
обнажение пещего мела, южная экспозиция, без опада – (2), в т.ч. 12.00 час. – 2, 16.00 час. – 0;
степь, плакор, 1 м над уровнем почвы (древесно-кустарниковый ярус) – 0.

В апреле – начале мая среднесуточная температура нагрева терморегистраторов в 2-4 раз ниже максимальных зарегистрированных дневных температур, а максимальные дневные температуры на поверхности почвы – в 1.3-3 раза выше, чем на высоте 1 м над поверхностью почвы (рис. 2, 3, 4). На рисунках 2-5 номера регистрации соответствуют датам: 1-126 – 10-30 апреля; 127-312 – 1-31 мая; 313-492 – 1-30 июня; 493-678 – 1-31 июля.

САТ по данным ближайшей метеостанции (Богородицкое-Фенино) за период с 10 апреля по 9 мая 2011 г. составила 319,5°С, на плакоре в степи на высоте 1 м над уровнем почвы (древесно-кустарниковый ярус) – 332,3°С, а на поверхности обнажения мела (плакор) – 379,4°С.

Сходные эффекты наблюдаются в техногенных ландшафтах при изменении соотношения между поглощаемой и отражаемой антропогенным субстратом солнечной энергией, а также на пашне, где весной отсутствуют растительный покров и опад.

Таблица 3

Динамика дневных температур нагрева открыто расположенных терморегистраторов DS1921G-F5 («Ямская степь», апрель-май 2011 г., 6 измерений в сутки, верхний предел 65°C погрешность 0,5°C)

Дата, время	Температура °С нагрева терморегистраторов на поверхности почвы			Температура °С нагрева терморегистраторов в степи на плакоре, 1 м над поверхностью почвы	Среднесуточная температура (метеоданные по посту Богородицкое-Фенино)	Среднесуточная температура на поверхности мела (плакор)
	Степь, плакор	Мел, плакор	Мел, склон южной экспозиции			
1	2	3	4	5	6	7
10.IV. 12:00	4.5	5.5	5.0	3.0	2.6	3.1
10.IV. 16:00	6.0	7.0	6.5	6.0		
11.IV. 12:00	11.5	15.0	13.0	6.0	3.1	4.6
11.IV. 16:00	8.5	9.0	8.0	5.0		
12.IV. 12:00	15.5	16.5	14.5	6.0	3.4	5.8
12.IV. 16:00	7.5	19.5	15.0	5.5		
13.IV. 12:00	9.5	14.0	13.0	7.0	5.0	6.9
13.IV. 16:00	19.0	26.0	19.5	13.0		
14.IV. 12:00	5.5	5.5	5.0	4.5	4.2	2.3
14.IV. 16:00	5.5	5.5	5.5	4.0		
15.IV. 12:00	14.5	17.0	17.5	5.0	3.3	8.3
15.IV. 16:00	18.5	28.0	19.0	12.0		
16.IV. 12:00	6.0	6.5	6.5	4.0	3.7	4.5
16.IV. 16:00	10.5	9.5	10.0	8.0		
17.IV. 12:00	26.0	26.5	23.5	11.0	5.7	6.8
17.IV. 16:00	11.0	11.5	10.0	9.5		
18.IV. 12:00	31.5	31.0	25.5	14.5	10.4	14.2
18.IV. 16:00	29.0	30.0	22.5	20.5		
19.IV. 12:00	28.5	35.0	26.0	10.0	8.2	13.0
19.IV. 16:00	17.0	18.0	13.0	11.5		
20.IV. 12:00	17.0	19.0	14.0	8.5	4.2	1.7
20.IV. 16:00	12.5	12.5	9.0	8.0		
21.IV. 12:00	20.5	24.0	17.0	8.5	4.4	9.0
21.IV. 16:00	25.5	34.5	23.0	17.0		
22.IV. 12:00	41.0	37.5	28.5	15.0	8.6	11.9
22.IV. 16:00	29.5	33.5	24.5	19.5		
23.IV. 12:00	40.5	39.5	31.0	19.5	11.0	14.8
23.IV. 16:00	27.5	43.0	29.0	20.0		
24.IV. 12:00	41.5	19.5	16.0	21.5	12.9	12.5
24.IV. 16:00	33.5	38.0	27.5	26.0		
25.IV. 12:00	40.5	39.0	30.5	22.0	15.5	17.6
25.IV. 16:00	32.0	43.0	29.5	27.0		
26.IV. 12:00	35.0	33.0	27.0	23.5	15.7	15.9
26.IV. 16:00	24.5	34.5	25.5	22.5		
27.IV. 12:00	30.5	30.5	25.5	20.0	15.9	18.8
27.IV. 16:00	29.5	39.5	28.0	23.5		
28.IV. 12:00	39.0	44.0	35.5	21.5	14.4	16.1
28.IV. 16:00	30.0	25.5	20.0	24.0		
29.IV. 12:00	41.5	47.5	36.0	22.0	15.2	19.8
29.IV. 16:00	30.0	33.0	24.5	22.0		
30.IV. 12:00	18.5	18.0	16.0	17.5	13.0	12.3
30.IV. 16:00	20.5	24.0	20.5	17.5		
01.V. 12:00	37.0	22.0	22.0	18.5	13.5	16.9
01.V. 16:00	20.0	36.0	28.5	19.5		
02.V. 12:00	39.5	40.0	34.0	22.0	15.9	16.7
02.V. 16:00	23.5	21.0	20.5	23.0		
03.V. 12:00	42.0	44.0	35.0	23.5	16.5	20.5
03.V. 16:00	32.5	40.0	31.5	25.5		
04.V. 12:00	40.0	44.5	37.5	24.0	17.7	19.6
04.V. 16:00	35.5	33.0	26.5	26.0		
05.V. 12:00	44.5	44.5	38.0	25.0	18.4	20.5
05.V. 16:00	24.5	24.5	22.0	22.5		



Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
06.V. 12:00	23.0	21.0	21.0	19.5	15.2	16.4
06.V. 16:00	24.0	24.0	26.0	21.5		
07.V. 12:00	12.5	13.0	12.5	11.5	12.0	12.8
07.V. 16:00	14.5	14.5	15.0	11.0		
08.V. 12:00	31.5	31.0	31.0	17.5	14.3	18.8
08.V. 16:00	26.0	33.5	28.0	22.0		
09.V. 12:00	30.5	38.0	31.0	21.0	15.6	17.3
09.V. 16:00	25.5	26.0	21.5	23.5		
Формальная сумма дневных температур	1480	1606,5	1313	1182,5 (332,3)	(319.5)	(379.4)
Среднемесяч- ная дневная температура (10.00-18.00 час.)	24.7	26.8	21.9	19.7		
Средняя за месяц среднесуточная температура				11.1	10.65	12.6

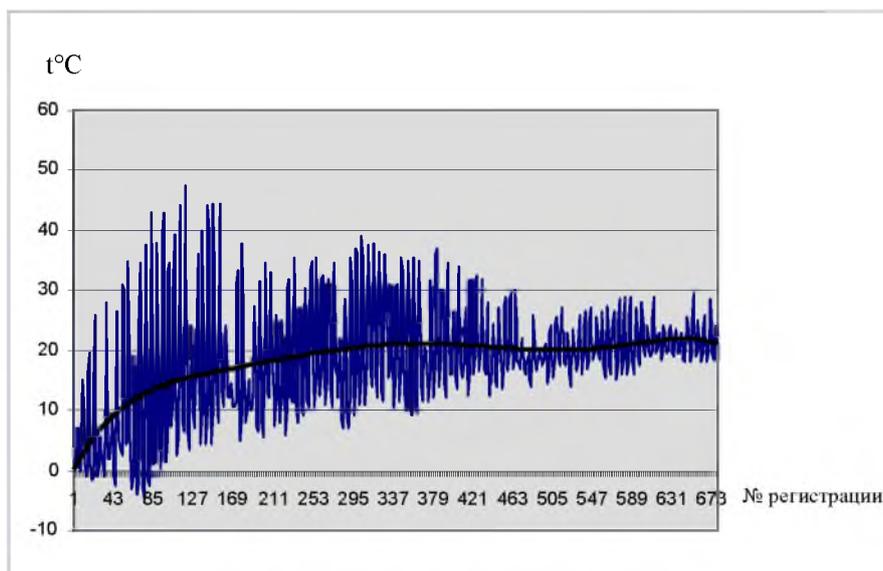


Рис. 2. Динамика нагрева терморегистратора на поверхности мела (кальцефитный луг, плакор, 10 апреля – 31 июля 2011 г., частота измерений 6 раз в сутки) (Здесь и далее приведены полиномиальные тренды)

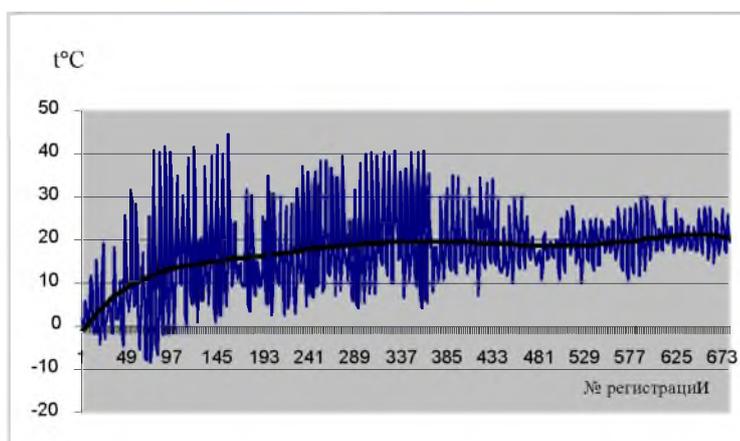


Рис. 3. Динамика нагрева терморегистратора на поверхности почвы (луговая степь, плакор, 10 апреля – 31 июля 2011 г., частота измерений 6 раз в сутки)

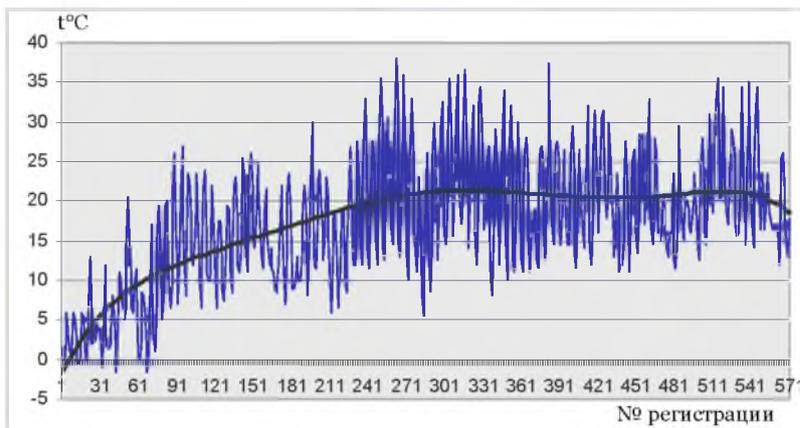


Рис. 4. Динамика нагрева терморегистратора на высоте 1 м над поверхностью почвы (луговая степь, плакор, древесно-кустарниковый ярус, 10 апреля – 31 июля 2011 г., частота измерений 6 раз в сутки)

Значимость суммарной освещенности по сравнению с фоновой температурой окружающего субстрата для нагрева «модельного тела» хорошо заметна при сопоставлении данных, представленных на рисунках 2-4 и 5.

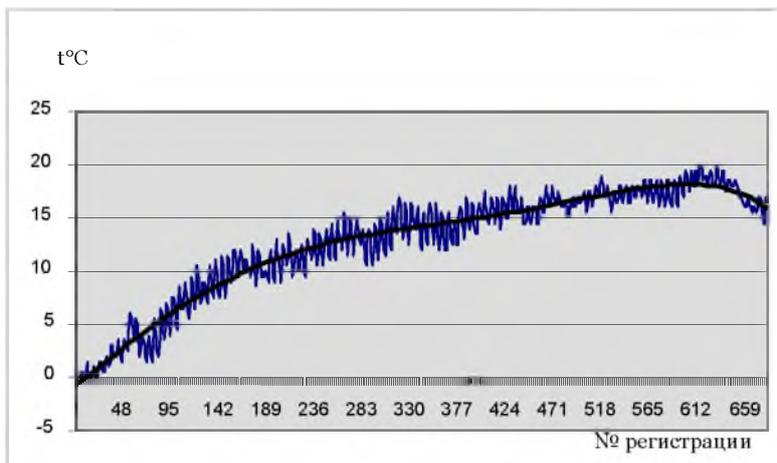


Рис. 5. Динамика нагрева терморегистратора в почве (луговая степь, плакор, корнеобитаемый горизонт, 10 апреля – 31 июля 2011 г., частота измерений 6 раз в сутки)

Но и фоновая температура в корнеобитаемом горизонте, при прочих сходных условиях, определяется свойствами самого субстрата (рис. 6).

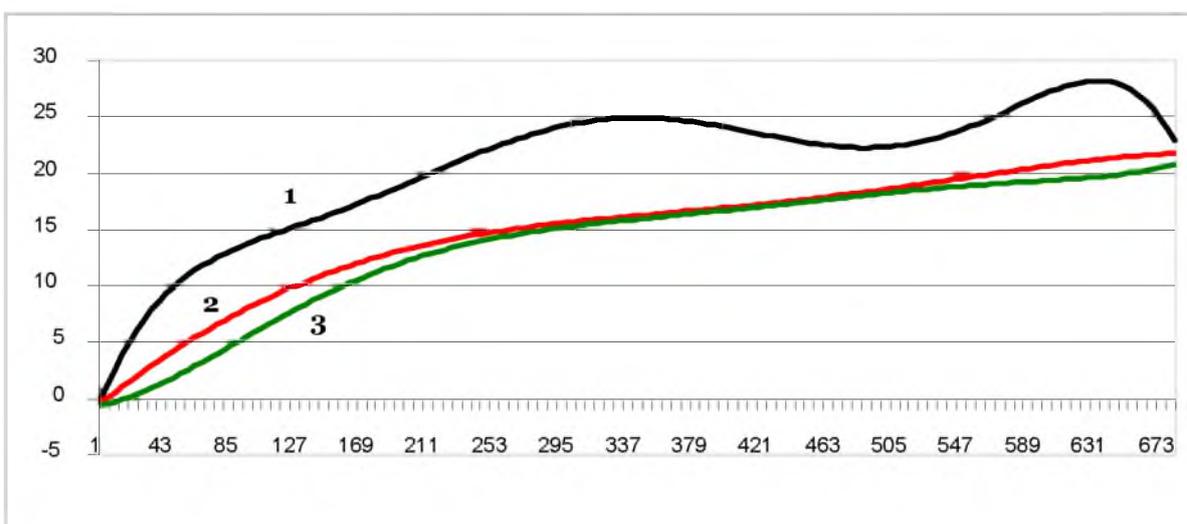


Рис. 6. Динамика нагрева терморегистраторов в почве (корнеобитаемый горизонт, склон южной экспозиции, 10 апреля – 31 июля 2011 г., частота измерений 6 раз в сутки) (1 - скальная вскрышная порода, 2 – мел, 3 - чернозем)

Экологический стандарт вида у пойкилотермных животных, предполагает, в частности, зависимость длительности развития от суммы активных или эффективных температур. При этом, как показано И.Ф. Миндер на примере колорадского жука, по мнению разных авторов, нижний температурный порог развития может считаться постоянным для всех фаз развития одного вида или быть специфичным для отдельных фаз, или же отличаться в значениях [14]. Суммы эффективных температур различны на разных фазах развития и отличаются при использовании разных методик их определения: при постоянной температуре (в климатической камере); при равной ей среднесуточной, циклически изменчивой, с выходом или без выхода за пороги устойчивости; при разной длине светового дня и др.

Кроме того, при определении САТ или СЭТ значимым показателем следует считать ритм суточной активности насекомых, влияющий, на потенциальную подверженность прямому и отраженному солнечному излучению, способному производить значительно более сильный нагрев тел, чем окружающий воздух. Для открыто живущих насекомых важна способность к перенесению нагрева суммарной инсоляцией (морфологические, физиологические и поведенческие адаптации) [13, 15].

Именно поэтому герпетобионтам и геобионтам, обитающим в относительно прохладном меловом субстрате и не приспособленным к действию высоких температур, даже кратковременный выход в солнечную погоду на открытую поверхность мела грозит быстрым перегревом и потерей влаги. В то же время, организмы, располагающие комплексом адаптаций к ксеротермическим условиям, находят «благоприятную» для себя среду на сухих меловых обнажениях по склонам юго-восточной и южной экспозиции и открытых песках.

Полученные результаты дают возможность утверждать, что взаимосвязь изменений климата и расширения ареалов некоторых видов насекомых на север в настоящее время и в ближайшей перспективе реальна и в ряде случаев отслежена. Насекомые получают возможность перезимовки на тех территориях, где ранее не могли пережить холодное время года. Удлинение весеннего периода ведет к тому, что эти виды получают дополнительные суммы температур для своего развития. При этом даже некоторое сокращение летнего периода и снижение среднелетних температур не сказываются на них отрицательно. Более того, весь весенне-летний период характеризуется увеличением показателя САТ по сравнению с серединой прошлого века. Также интересно отметить, что этот показатель близок к таковому в начале XX века. Этим можно объяснить временное (30-50 лет) отсутствие ряда степных видов в южной лесостепи, считавшихся исчезнувшими из-за антропогенного пресса.

Подтверждением нашим расчетам может служить соотношение новых для региона видов насекомых, отмеченных нами за последние 8 лет: северные (лесные) – 15, бореомонтанные и «нагорные» – 25, южные (центрально-степные и южно-степные) – более 100. Их характеристика будет дана во второй части статьи.

Список литературы

1. Присный А.В. Эколого-географическое районирование юга Среднерусской возвышенности // Научные ведомости БелГУ. – 2000. – № 3 (12) – С. 10-20.
2. Присный А.В. О положении границы между лесостепью и степью в пределах Среднерусской возвышенности // Изучение и сохранение природных экосистем заповедников лесостепной зоны: Материалы международной науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Центрально-Черноземного заповедника (пос. Заповедный, Курская область, 22-26 мая 2005 г.). – Курск, 2005. – С. 46-50.
3. Присный А.В. Экстремальные группировки в фауне наземных насекомых юга Среднерусской возвышенности. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2003. – 296 с.
4. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2008. - №3 (43). Серия Естественные науки, вып. 8. – С. 188-196.
5. Мильков Ф. Н., Гвоздецкий Н. А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. Учебник для студентов географических факультетов университетов. – М.: Мысль, 1976 – 448 с.
6. Соколов И.Д., Пашутина Е.Н., Сыч Е.И., Соколова Т.И. Анализ динамики температуры воздуха в техногенном регионе // Збірник наук. праць Луганського НАУ. –Луганськ: Элтон-2. – 2004. - № 39 (51). – С. 104–111.
7. Соколов И.Д., Пашутина Е.Н., Сыч Е.И., Соколова Т.И., Долгих Е.Д. Многолетняя динамика температуры воздуха в Луганской области // Экологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2005. – № 3 (27). – С. 47–53.]
8. Соколова Е.И., Чошик В.И. Ауфитосозология: прошлое, настоящее и будущее. – Луганськ: ТОВ «Віртуальна реальність», 2010. – 326 с.
9. Соколов Е.И., Долгих Е.Д. Тенденции изменения климата в Луганской области в связи с эволюцией органического мира // Науковий вісник Луганського нац. аграрного ун-ту. – Луганськ: Элтон-2. – 2009, № 1. – С. 167-205.

10. Михно В.Б. Меловые ландшафты Восточно-Европейской равнины. – Воронеж: Изд-во МП «Петровский сквер», 1992. – 232 с.
11. Присный А.В. Функциональная дифференциация элементов окраски у саранчовых // Ландшафтная экология насекомых. – Новосибирск: «Наука», 1988. – С. 34-47.
12. Присный А.В. Окраска и терморегуляция у тетригид (Orthoptera, Tetrigidae) // Успехи энтомолог. в СССР / Экология и фаунистика, небольшие отряды насекомых: Материалы X съезда Всесоюзн. энтомолог. о-ва. г. Санкт-Петербург, 11-15 сент. 1989 г. – С.-П., 1993. – С. 99-100.
13. Присный А.В. Окраска и терморегуляция у тетригид // Изв. Харьковск. энтомолог. о-ва, 1994 – Т. 2, вып. 2. – С. 3-15.
14. Миндер И.Ф. Экология колорадского жука – основные параметры реакций на абиотические факторы внешней среды // Колорадский картофельный жук. Филогения, морфология, физиология, экология, адаптация, естественные враги. – М.: Наука, 1981. - С. - 72-97
15. Присный А.В. Адаптации членистоногих к обитанию на меловых обнажениях // Приспособления организмов к действию экстремальных экологических факторов. Материалы VII Международной научно-практической экологической конференции. г. Белгород, 5-6 ноября 2002 г. –Белгород: Изд-во БелГУ, 2002. – С. 69-75.

DYNAMICS OF A REGIONAL CLIMATE WITHIN A CENTURY, MICROCLIMATE AND CHANGE OF AREAS OF INSECTS. 1. TEMPERATURE AND THERMOPREFERENCE

A.V. Prisnyj
E.V. Negin

Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Change of structure of the regional faunas, accompanied with a shift of boundaries of areas of species, can be explained by both anthropogenic transformation of landscapes and regional climate dynamics over a century. It is supposed that the expansion of habitats is related to these two factors united by microclimatic conditions. Confirmation of this view is found in the relationship of faunal elements among the approximately 100 species of insects noticed over the last 8 years in the territory of Belgorod region where the second half of the 20th century is characterized by steady growth of average annual, winter and spring temperatures.

Key words: regional climate, microclimate, thermopreference, borders of geographic ranges of insects, entomofauna of the region, the Belgorod Region.