

УДК 577.49: 529

РОЛЬ МНОГОЛЕТНИХ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЭКОМОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Н.С. Гордиенко
e-mail: gordi@ilmeny.ac.ru

Ильменский государственный заповедник, г. Миасс, Россия

Статья поступила 27 марта 2004 г.

Введение

Многолетние фенонаблюдения, проводящиеся на слабонарушенных, заповедных территориях по унифицированным Программам Летописи природы (ЛП), позволяют проследить динамику сезонного развития местного ландшафта в течение всех сезонов и в многолетнем аспекте. В статье приводятся результаты анализа и обобщения многолетних рядов фенонаблюдений, представленных в ежегодных томах ЛП Ильменского заповедника в виде Календарей природы (КП).

Феноклиматические наблюдения в Ильменском заповеднике, расположенном в зоне горных таежных лесов у восточных предгорий Южного Урала, проводятся с 1928 г. До 1960 г. метеоданные брались с метеопостов, расположенных вблизи озер Ильменское и Б. Миассово, попутно С.Л. Ушковым велись отрывочные фенологические наблюдения за отдельными видами растений и животных. Позднее использовались данные метеостанции г. Миасса, расположенной в 8 км к западу от территории заповедника. В первых ежегодных КП за 1937...1947 г.г., было отмечено всего 40 фенообъектов. Список явлений из 95...120 объектов, составленный в 1973 г. В.А. Поповым, в целом остался неизменным по сей день, им же была проведена первая периодизация года по комплексу показателей. Первый сводный КП был составлен В.К. Красиным [3] за период с 1936 по 1970 г.г. В настоящее время наблюдения ведутся более чем за 100 объектами, из них 50 % относятся к грибам и растительному миру, 27 % — к животному и 23 % — к неживой природе. Собранный более чем за 70 лет фенологический материал до сих пор почти не анализировался и не обобщался, если не считать работ В.К. Красина [3] и Н.С. Гордиенко [1, 2]. По материалам наблюдений за последние 30 лет (с 1973 по 2002 г.г.) создан типичный для заповедника и прилегающей территории КП, и проведена естественная периодизация года [2]. С целью оценки современных тенденций сезонного развития природы заповедника и выявления феноаномалий сравниваются среднемноголетние показатели и средние за последние 5 лет.

1. Методика

Наблюдения проводились на постоянных маршрутах в южных и центральных участках заповедника. Доминирующий тип ландшафта — сосново-березово-разнотравные леса у восточных предгорий Уральских гор. Сбор материала и его обработка проводились по унифицированным методикам [4, 5, 6]. Все данные были помещены в электронную базу, определены основные статистические параметры (средние, самые ранние и самые поздние даты, среднеквадратическое отклонение σ в сутках и ошибка средней $\pm m$). Разработанная нами схема периодизации года и диагностика сезонов основывается на сочетании двух подходов — Г.Э. Шульца, разделяющего годичный круг

преимущественно по фитоиндикаторам, и Т.Н. Буториной, использующей для этого частные аспекты, экстремальные значения температур и фито- и зооиндикаторы [7]. При этом находящиеся ближе всего по срокам к переломным температурным моментам феноявления считались феноиндикаторами. Нами границы между фенопериодами определялись прежде всего по состоянию аспекта ландшафта, одному или двум фитоиндикаторам, а в холодные сезоны — по датам перехода среднесуточных температур через кардинальные значения.

2. Результаты и их обсуждение

Типичный Календарь природы (КП) представляет собой перечень среднеголетних дат наступления наиболее важных и характерных для данной местности явлений и характеризует нормальный (естественный) ход сезонного развития всего ландшафта. Проблема периодизации года является одной из самых сложных и до конца еще не решенных в общей фенологии [7]. Каждый сезон и субсезон характеризуется определенным специфическим набором явлений, что позволяет использовать их в качестве индикаторов начала сезона. В своей работе мы исходили из того, что по своей биологической сути фенодата — исторически выработанное приспособление к чередованиям времен года, вследствие чего биологический вид отличается присущей ему наследственно закрепленной привязкой развития определенных фенофаз к календарному времени [5]. При этом ежегодно происходит “подгонка” сроков развития организма к конкретным погодным условиям текущего года. Индикаторная сущность этих явлений сохраняется практически во всех природных зонах умеренного пояса.

В текущих КП Ильменского заповедника за 1971—1998 г.г. периодизация года проводилась лишь на основе термических показателей — по датам перехода пороговых значений среднесуточных температур воздуха через 0, 5, 10 и т.д. градусов, при этом ближайšie к ним даты начала явлений в растительном и животном мире автоматически становились индикаторами начала сезонов и субсезонов. Такой подход правомочен в агрометеорологии [7], где выделяют разные по теплообеспеченности периоды в границах от 0 до 0 °С — теплый, от +5 до +5 °С — вегетационный, от +10 до +10 °С — период активной вегетации и от +15 до +15 °С — период полного лета, когда происходит цветение теплолюбивых культур. Временная связь переломных явлений в живой природе с климатическими параметрами обнаруживается лишь в среднеголетнем аспекте ввиду влияния экзогенных и эндогенных факторов на сезонную ритмику живых организмов [5, 6, 7], и в каждом конкретном году метеорологические сезоны далеко не всегда совпадают с фенологическими, значительно варьируя по годам. Наши наблюдения показали, что ряд ранних весенних явлений происходит задолго до перехода среднесуточных температур через 0 °С: их начало фиксируется при наступлении постоянных дневных оттепелей (имеет значение также погодная ситуация в предшествующий период — если зима была аномально теплой, многие весенние явления начинались раньше обычного). Аналогичная картина наблюдается и в период начала вегетации — по агрометеорологическим критериям это происходит при переходе среднесуточных температур выше 5 °С, однако такие виды, как лапчатка и мать-и-мачеха, расцветают раньше — в субсезон оживления весны, а сокодвижение у клена татарского происходит еще во время снеготаяния. Более тесно связаны между собой феноявления и пороговые температуры в периоды разгара весны и летом.

Типичный КП является своего рода моделью сопряженного развития всех компонентов ландшафта, отражающей изменения структуры и функциональных связей между важнейшими его компонентами в течение года. Представленные в нем феноклиматические показатели (среднеголетняя дата, изменчивость и степень разброса дат и др.) являются видовыми характеристиками. При расхождении условий текущего года со среднеголетними показателями происходит “подгонка” дат прохождения фенофаз к наиболее оптимальным для организма срокам. В целях мониторинга типичный КП может служить точкой отсчета при отслеживании долговременных изменений климата и реакции на них биотических элементов. Естественные, довольно медленные и слабо заметные изменения сезонов (их последовательности, продолжительности, интенсивности протекания), как и сезонной ритмики популяций растений и животных, могут значительно возрасти под воздействием мощного антропогенного фактора, и в этой ситуации часто повторяющиеся фенологические аномалии могут служить сигналами об устойчивом нарушении сложившихся функциональных связей в экосистемах. Как нами было показано ранее [1], за последние 30 лет наблюдается смещение фенодат весенних явлений у многих

видов растений и птиц на более ранние сроки. Ускорение наступления весенних явлений более чем на 5 суток равносильно переносу пункта наблюдений на 300 км южнее, что соответствует потеплению климата региона в целом [7].

На основе КП можно составить подробную фенологическую характеристику представленных там модельных объектов и сезонную динамику всего комплекса: это сроки и продолжительность сезонов, разброс крайних дат, их многолетняя изменчивость и среднемноголетняя норма для каждого вида, которая колеблется в пределах $\pm 2m$ от средней [6]. В качестве примера использования многолетних рядов феноданных в целях экомониторинга изменений климата и сезонной ритмики биоты в таблице представлен сокращенный вариант сводного КП за период 1999 — 2003 г. г. в сравнительном аспекте со среднемноголетними датами за 30 лет.

Календарь природы Ильменского заповедника

Сезонные явления	Средняя дата за 5 лет	Средняя дата за 30 лет	Отклонения за 5 лет	σ , сутки	$\pm m$
ЗИМА					
Переход среднесуточных температур выше -10°C	2.03	3.03	6.02.02...3.03.99	14,9	$\pm 6,6$
Предвесенье					
*Прилет грачей	10.03	19.03	4.03.02...22.03.03	6,7	$\pm 3,0$
Образование воронок вокруг деревьев	17.03	15.03	4.03.02...26.03.99	8,2	$\pm 3,7$
ВЕСНА					
Первовесенье					
Появились первые проталины на полянах	23.03	26.03	19.03.01...30.03.99	3,7	$\pm 1,7$
Переход среднесуточных температур выше -5°C	27.03	20.03	19.03.03...7.04.02	6,7	$\pm 3,0$
Оживление весны					
Появление муравьев на муравейниках	3.04	3.04	26.03.03...8.04.01	5,7	$\pm 2,5$
Появление бабочки-крапивницы	3.04	4.04	21.03.02...13.04.99	7,7	$\pm 3,5$
Прилет кряквы	5.04	8.04	30.03.02...10.04.99	4,3	$\pm 1,9$
Появление клещей	5.04	8.04	25.03.03...12.04.99	6,4	$\pm 2,9$
Переход среднесуточных температур выше 0°C	6.04	4.04	30.03.99...13.04.02	5,2	$\pm 2,3$
Появление комаров-кусок	7.04	15.04	24.03.02...18.04.01	9,1	$\pm 4,1$
Начало цветения мать-и-мачехи	9.04	14.04	31.03.03...20.04.02	6,6	$\pm 2,9$
Снежный покров на полянах сошел полностью	11.04	11.04	8.04.00...15.04.01	2,7	$\pm 1,2$
Начало сокодвижения у березы	13.04	15.04	9.04.00...17.04.99	3,9	$\pm 1,8$
Снежный покров в лесу сошел полностью	17.04	18.04	13.04.03...22.04.02	3,4	$\pm 1,5$
Переход среднесуточных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$	18.04	21.04	11.04.01...23.04.99	4,7	2,1
Начало вегетации					
Начало цветения сон-травы (прострела)	19.04	21.04	13.04.00...25.04.02	4,3	$\pm 1,9$
Начало цветения ивы козьей	23.04	22.04	18.04.01...29.04.02	3,7	$\pm 1,7$

* выделены феноиндикаторы

Сезонные явления	Средняя дата за 5 лет	Средняя дата за 30 лет	Отклонения за 5 лет	σ , сутки	$\pm m$
Начало цветения горюхца весеннего	25.04	28.04	18.04.01...25.04.99	4,6	$\pm 2,1$
Начало цветения медуницы	26.04	26.04	20.04.01...5.05.99	5,5	$\pm 2,5$
Начало цветения осины	28.04	28.04	18.04.01...24.04.99	6,4	$\pm 2,9$
Освобождение мелких водоемов ото льда	28.04	27.04	24.04.00...4.05.02	—	—
Начало цветения первоцвета	28.04	30.04	23.04.03...5.05.99	5,6	$\pm 2,5$
Начало зеленения черемухи	29.04	1.05	25.04.00...5.05.99	3,9	$\pm 1,7$
Начало зеленения лиственницы	30.04	3.05	25.04.01...9.05.02	6,0	$\pm 3,7$
Прилет чернозобой гагары	1.05	30.04	26.04.00...6.05.03	4,6	$\pm 2,1$
Начало распускания листьев у березы	2.05	1.05	25.04.01...8.05.03	4,6	$\pm 2,1$
Начало зеленения ивы-козьей	2.05	2.05	18.04.01...8.05.03	7,2	$\pm 3,2$
Начало «пыления» берез	4.05	6.05	30.04.00...10.05.03	4,8	$\pm 2,1$
Разгар весны					
Начало зеленения берез	6.05	5.05	29.04.01...11.05.03	3,9	$\pm 1,8$
Первое кукование кукушки	6.05	6.05	3.05.01...11.05.99	2,8	$\pm 1,3$
Начало зеленения рябины	7.05	6.05	29.04.00...14.05.02	5,3	$\pm 2,4$
Начало зеленения шиповника	9.05	7.05	2.05.00...14.05.99	5,3	$\pm 2,3$
Начало зеленения осины	12.05	11.05	1.05.00...20.05.02	6,8	$\pm 3,0$
Последний весенний заморозок в воздухе	15.05	20.05	6.05.03 ... 23.05.02	8,9	$\pm 4,0$
Переход среднесуточных температур выше +10 °С	17.05	9.05	2.05.01...13.06.02	14,9	$\pm 6,7$
Начало цветения черемухи	18.05	13.05	4.05.01...22.05.03	5,3	$\pm 2,4$
Начало зеленения липы	20.05	15.05	4.05.01...5.06.02	9,9	$\pm 4,4$
Начало цветения черн. смородины	20.05	17.05	8.05.01...24.05.03	6,5	$\pm 2,9$
Начало цветения купальницы	22.05	18.05	17.05.01...26.05.03	3,2	$\pm 1,4$
Начало цветения клубники	24.05	24.05	18.05.01...1.06.99	4,5	$\pm 2,0$
Последний заморозок на почве (иней)	27.05	—	6.05.03...15.06.99	—	—
Начало «пыления» сосны	28.05	25.05	20.05.01...3.06.00	4,8	$\pm 2,2$
Начало цветения боярышника	30.05	25.05	13.05.01...11.06.02	10,2	$\pm 4,6$
ЛЕТО					
Начало цветения брусники	6.06	2.06	4.06.00...10.06.02	2,9	$\pm 1,3$
Начало цветения калины	9.06	7.06	30.05.01...18.06.02	8,8	$\pm 3,9$
Начало цветения шиповника	14.06	9.06	3.06.01 ...27.06.02	8,1	$\pm 3,6$
Появление маслят	14.06	25.06	6.06.00...26.06.02	8,8	$\pm 3,9$
Переход среднесуточных температур выше +15 °С	15.06	4.06	2.06.00...23.06.03	7,7	$\pm 3,4$
Начало цветения поповника	26.06	21.06	17.06.01...30.06.00	5,9	$\pm 2,6$
Начало цветения иван-чая	28.06	22.06	20.06.01...1.07.03	5,2	$\pm 2,3$
Появление подберезовиков (обабков)	1.07	22.06	9.06.99...24.07.00	14,5	$\pm 6,5$
Начало созревания черники	4.07	3.07	25.06.01...19.07.02	6,2	$\pm 2,8$
Начало цветения липы мелколистной	7.07	2.07	26.06.01...19.07.02	7,5	$\pm 3,3$

Сезонные явления	Средняя дата за 5 лет	Средняя дата за 30 лет	Отклонения за 5 лет	σ , сутки	$\pm m$
ОСЕНЬ					
Ранняя осень					
Появление желтых «флагов» на березах	20.08	15.08	8.08.01...4.09.02	9,1	$\pm 4,1$
Начало осенней раскраски черемухи	13.08	5.08	1.08.03...28.08.99	10,2	$\pm 4,6$
Начало созревания шиповника	15.08	8.08	4.08.02...22.08.00	6,0	$\pm 2,7$
Начало покраснения осины	22.08	27.08	17.08.01...31.08.02	4,9	$\pm 2,2$
Переход среднесуточных температур ниже +15 °С	23.08	17.08	10.08.02...8.09.03	9,7	$\pm 4,4$
Начало созревания клюквы	26.08	3.09	20.08.99...3.09.01	5,4	$\pm 2,4$
Начало листопада у березы	27.08	27.08	20.08.99...2.09.00	4,7	$\pm 2,1$
Полная раскраска листьев черемухи	30.08	6.09	15.08.01...5.09.03	7,0	$\pm 3,4$
Начало листопада у липы	11.09	27.08	31.08.01...24.09.03	7,9	$\pm 3,6$
Переход среднесуточных температур ниже +10 °С	15.09	18.09	10.09.00...26.09.01	5,9	$\pm 2,7$
Золотая осень					
Полное пожелтение листьев у берез	16.09	21.09	10.09.01...21.09.03	3,8	$\pm 1,7$
Первый осенний заморозок	19.09	17.09	12.09.01...24.09.99	4,8	$\pm 2,2$
Конец листопада у черемухи	22.09	24.09	12.09.00...7.10.01	9,0	$\pm 4,0$
Массовое пожелтение хвои у лиственницы	6.10	23.09	3.10.01...10.10.00	2,5	$\pm 1,1$
Первый снегопад	8.10	2.10	27.09.00...20.10.03	9,5	$\pm 4,2$
Переход среднесуточных температур ниже +5 °С	10.10	8.10	2.10.00...17.10.03	5,9	$\pm 2,6$
Уход барсука в нору	25.10	15.10	1.10.03... 8.11.99	13,7	$\pm 6,1$
Переход среднесуточных температур ниже 0 °С	27.10	25.10	24.10.03...6.11.00	6,9	$\pm 3,1$
ЗИМА					
Установление снежного покрова	3.11	3.11	24.10.03...16.11.00	8,6	$\pm 3,8$
Конец хвоепада у лиственницы	4.11	25.10	22.10.03...8.11.99	6,0	$\pm 2,7$
Последняя встреча кряквы	8.11	30.10	2.11.03...19.11.00	6,9	$\pm 3,1$
Ледостав на мелких водоемах	10.11	3.11	1.11.03...15.11.01	5,0	$\pm 2,3$
Переход среднесуточных температур ниже -5 °С	15.11	10.11	6.11.99...26.11.02	6,5	$\pm 2,9$

Современный период характеризуется следующими фенологическими особенностями: увеличением продолжительности безморозного периода на 7, а вегетационного — на 5 дней, сдвигом дат начала большинства ранневесенних явлений на более ранние сроки, а летних на более поздние, более растянутым осенним периодом, частой повторяемостью вторичного цветения и осенней вегетации, охватывающих все большее число видов растений. Сроки наступления и окончания зимних субсезонов были близки к многолетним, субсезон суровой зимы, как и в прошлые годы, практически выпал из структуры года. Получена общая характеристика сезонов по срокам их начала и продолжительности: ранние весны отмечались в 2000, 2001 и 2003 гг. в связи с их высокой теплообеспеченностью, тогда как в холодном 1999 г. многие весенние феноявления начались на 5...7 дней позже обычного. Теплая и влажная погода в августе — октябре 2003 г. обусловила затяжную осень с многочисленными феноаномалиями.

Заключение

Разработанный нами метод периодизации года позволяет на основе массовых наблюдений корреспондентов — фенологов (членов Географического общества) построить КП любой местности в пределах южно–уральского региона и определить его феноструктуру. Среднеголетние фенодаты, представленные в типичном КП Ильменского заповедника, могут служить надежной и доступной основой для долгосрочного экомониторинга природных систем подзоны сосново–березовых лесов восточных предгорий Южного Урала.

Список литературы

1. Гордиенко Н.С., Леванова Т.А. Анализ многолетних феноклиматических изменений природы Ильменского заповедника // Влияние изменений климата на экосистемы. М., Русский университет, 2001. Ч. 2. С. 9—15.
2. Гордиенко Н.С. Опыт составления Календаря природы в Ильменском заповеднике // Заповедное дело, научно–методические записки комиссии по биоразнообразию РАН. М., 2003. Вып. 11. С. 107—114.
3. Красин В.К. Сезонные ритмы // Ильменский заповедник. Челябинск, 1975. С. 164 — 174.
4. Минин А.А. Фенология Русской равнины. М.: АБФ, 2000. 160 с.
5. Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка) / Под ред. В.А. Тавровского. Л.: Наука, 1982. 224 с.
6. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие / Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. М.: Наука, 1985. 143 с.
7. Шульц Г.Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981. 188 с.