

БУТОРИНА Т. Н. И КРУТОВСКАЯ Е. А.

О КОРРЕЛЯЦИИ НЕКОТОРЫХ ФЕНОИНДИКАТОРОВ С ТЕМПЕРАТУРОЙ

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является непосредственным продолжением предыдущей статьи.

В фенологической периодизации года мы исходили из следующих теоретических предпосылок:

В условиях умеренной лесной зоны, с ее достаточным, большей частью оптимальным увлажнением, сезонность развития природы определяется изменениями в количестве получаемого тепла.

При этом следует принимать во внимание не среднесуточные температуры, являющиеся абстрактной, среднеарифметической величиной, а те конкретные границы, в которых протекает жизнь организмов — абсолютные суточные минимумы и максимумы температур. При суровости и континентальности нашего климата, конечно, наиболее важен нижний предел температуры, так как максимальные температуры и летом близки к оптимуму жизнедеятельности и только в холодное время года даже наибольший прогрев воздуха едва оказывается достаточным для активной жизни многих организмов.

В течение года непрерывное количественное нарастание или падение температур приводит в известные моменты к качественным перерывам, скачкам, которые определяют собою границы сезонов года.

В силу всеобщей взаимосвязи явлений, изменения в годовом ходе температур затрагивают так или иначе все стороны сезонного развития природы или непосредственно (годовой ход погодных явлений и в первую очередь осадки или путем связей и опосредст-

вований (например, ритмы сезонного развития растений) иногда очень сложных (сезонные ритмы жизни животных).

Установленные по температурному фактору границы фенологических периодов объективны и легко сравнимы для различных пунктов. Но ряды феноиндикаторов, сопутствующие температурному перелому, различны в различных природных комплексах. Выявление таких рядов для конкретных естественно-исторических условий и составляет одну из задач фенологов.

В своей работе мы искали связь между температурным режимом (ходом экстремальных температур), и узловыми моментами в сезонном развитии природы горной тайги. Результатом явились предлагаемые ряды феноиндикаторов, выявленные для каждого фенологического периода. Продолжительные стационарные наблюдения (к чему представляет богатые возможности именно работа в заповеднике) позволили изучить сезонный ритм жизни лесных фитоценозов и птиц. В первое время мы подбирали феноиндикаторы чисто эмпирическим путем, из тех явлений, средние даты которых соответствуют датам температурных переломов; в дальнейшем в качестве феноиндикаторов брались, главным образом, узловые моменты в сезонной ритмике жизни растений и птиц. И лишь иногда трудно уловимые процессы диагностировались по тесно связанным с ними по времени, но более наглядным (как, например, конец интенсивного роста деревьев и трав — по началу цветения крупнотравья).

Связь рядов феноиндикаторов с температурными критериями была совершенно очевидна при простом сопоставлении дат, пока мы располагали собственными данными за 5—10 лет. Но при дальнейшем накоплении материала и при использовании обширных метеорологических и фенологических архивов заповедника связь эта проявлялась не так наглядно. Поэтому, чтобы установить существование действительной зависимости между температурными и фенологическими критериями начала фенопериодов и меру этой зависимости, — стало необходимым обработать весь имеющийся в нашем распоряжении материал методом вариационной статистики, высчитывая коэффициент корреляции между названными явлениями¹⁾.

Конечно, наши ряды наблюдений, охватывающие всего 11—25 лет, недостаточны для окончательных выводов. Как известно, в вариационной статистике принимается, что для достоверности выводов необходимо, чтобы коэффициент корреляции по крайней мере в 3 раза превышал свою ошибку. Там же указывается то минимальное число измерений (n), при котором данный коэффициент корреляции (v) будет удовлетворять этому условию.

¹⁾ Для оценки полученных цифр напомним, что в вариационной статистике корреляция с коэффициентом 0,70—0,80 считается очень высокой, с коэффициентом около 0,50 — средней, а с коэффициентом 0,30—0,20 — корреляция слабая.

В пределах тех рядов, какими мы располагаем, значения эти следующие: (Поморский 1930).

п	г	п	г	п	г
27	—0,46	19	—0,51	14	—0,56
25	—0,47	18	—0,52	13	—0,57
24	—0,48	17	—0,53	12	—0,58
22	—0,49	16	—0,54	11	—0,59
21	—0,50	15	—0,55	10	—0,61

Так как значения коэффициентов корреляции у нас большей частью выше приведенных, то они могут считаться достаточно достоверными.

Во всех случаях производилась оценка степени достоверности полученного коэффициента корреляции. Оценка проводилась графическим способом по «Графику ошибок и вероятностей», приложенному к книге Поморского. Всегда бралось **наименьшее** значение достоверности, т. е. то наименьшее число шансов из 100 случаев, в которых во всяком случае будет тот же коэффициент корреляции. Согласно этому графику вероятной считается корреляция при наименьшей достоверности 0—90 проц., вполне достоверной — при >90 проц.¹⁾

В данном случае нам приходится иметь дело не с арифметическими данными, а с календарными датами, и это привело к некоторым особенностям при обработке материала методом вариационной статистики. Чтобы не выходить за пределы реальных календарных дат, за средние сроки начала какого-либо явления принималось $M \pm 1/2 \sigma$, т. е. средняя дата $\pm$ половина квадратичного отклонения; а за длину вариационного ряда, определяющую крайние теоретические возможные сроки начала явления, принимается $M \pm 2 \sigma$. Согласно теории вариационной статистики в данную величину ряда укладывается около 95,5 проц. возможных случаев.

Об изменчивости вариационного ряда судят по коэффициенту вариации $= \frac{\sigma}{M} \cdot 100$. Но так как при оперировании календарными датами эта формула неприменима, об изменчивости ряда мы судим непосредственно по величине квадратичного отклонения (σ).

И наконец заметим, что в графе — «число лет наблюдений» нами приводятся только число лет, принятых при вычислении коэффициента корреляции²⁾, в то время как средняя величина (M) вычислялась по всему ряду наблюдений, т. е. за большее число лет.

Фенологическая периодизация года подробно изложена в предыдущей работе и здесь не требует пояснений. Мы сочли необходимым оставить в таблицах и те явления, которые, как видно из при-

¹⁾ Для сведения укажем оценку коэффициента корреляции **наибольшей** достоверности: 0—68 проц. — случайна, 69—99,9 проц. — вероятна.

²⁾ Т. е. годы по которым имеются данные и по феноиндикатору и по температуре.

водимых для них данных, не всегда надежные феноиндикаторы. Они даны курсивом.

ПОКАЗАТЕЛИ НАЧАЛА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ВРЕМЕН ГОДА

Явления, сопутствующие предвесенью, прошлыми наблюдателями почти не отмечались, и у нас нет достаточного ряда наблюдений для выяснения коррелятивной зависимости между ними. Начнем поэтому изложение непосредственно с весны.

СНЕЖНАЯ ВЕСНА (С 23-III ПО 19-IV)

Первая фаза весны, время первых проталин и весеннего оживления птиц.

Среднее начало весны — первой ее, снежной фазы — приходится на третью декаду марта. С этого времени возрастание высоты солнца над горизонтом и увеличивающаяся продолжительность дня обуславливают постоянный прогрев воздуха в дневные часы выше 0°, что существенно меняет ход сезонных процессов. Именно дата постоянного перехода абсолютных максимальных температур воздуха выше 0° и является температурным началом снежной весны.

Явления, служащие критериями начала снежной фазы ранней весны, предыдущими наблюдателями почти не отмечались и ряды наблюдений по ним недостаточны.

Наиболее надежным признаком служит появление проталин на южных и юго-западных склонах в сухих сосняках-брусничниках. Прямая зависимость появления проталин от дневных положительных температур — очевидна, откуда и высокая корреляция этих явлений $= 0,92 \pm 0,05$ (с достоверностью свыше 99 проц.). Дата появления проталин приходится в среднем на более ранние сроки, чем наступление постоянных оттепелей, но это в значительной мере объясняется тем, что у нас нет данных о появлении проталин за первое десятилетие 1925—1935 гг. с более поздними веснами.

Мы склонны были считать феноиндикаторами начала снежной весны также и весеннее оживление птиц и вылет глухарей к токовищам (начало «черчения»), но дальнейшее накопление материала показало, что явления эти могут начинаться еще в предвесенье, а для начала снежной весны, с началом постоянных дневных оттепелей, характерно уже массовое их развитие, почему они мало пригодны в качестве феноиндикаторов. В табл. 1 мы приводим крайние сроки начала «черчения», оставляя окончательное решение вопроса до большего накопления материала.

ПЕСТРАЯ ВЕСНА (С 19-IV ПО I-V)

Время бурного таяния снега, вплоть до освобождения от снега более половины поверхности. Время начала весеннего оживления насекомых и пробуждения спящих зимой животных.

Минимальные температуры воздуха в пестрой весне еще мало отличаются от зимних, и особенности развития природы в это время

Снежная

Критерии начала	Число лет наблюдений п	Средние сроки начала		Измен квадратичное отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Постоянный переход максимальных температур воздуха выше 0°	24	$23/III \pm 0,43$	$\frac{17-29}{III}$	11,2
Феноиндикаторы				
Появление первых проталин на Ю и Ю.З склонах	10	$19/III \pm 0,56$	$\frac{13-25}{III}$	11,7
Вылет глухарей к токовищам (начало черчения)	5	—	—	—

*) а также 1935 г.

года определяются возросшим дневным прогревом. С начала пестрой весны дней без оттепели уже не бывает — максимальные температуры воздуха окончательно переходят выше 0° и, как правило, сразу же выше 5° . Именно это явление и служит температурным началом фазы. В отличие от температурных критериев других периодов, переход этот несколько условен и устанавливается довольно трудно, так как, при резких колебаниях дневных температур в это время года, он выражен неясно. Поэтому при установлении начала пестрой весны особо приходится принимать во внимание весь ряд

Пестрая

П е с т р а я

Критерии начала	Число лет наблюдений п	Средние сроки начала		Измен квадратичное отклонение
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Переход максимальных температур воздуха выше 5°	25	$19/IV \pm 2,1$	$14-24/IV$	10,4
Феноиндикаторы				
Массовое появление проталин на Ю. и Ю.З. склонах	19	$17/IV \pm 2,6$	$11-23/IV$	11,8
Оживление муравейников	21	$18/IV \pm 2,2$	$13-23/IV$	10,2
Первые бабочки (крапивицы)	15	$17/IV \pm 2,5$	$12-22/IV$	9,7
Начало глухариних токов	15	$15/IV \pm 1,7$	$12-18/IV$	6,6
Пробуждение бурундука	18	$17/IV \pm 2,7$	$11-23/IV$	11,8

) вероятно запоздалое наблюдение.

*) вероятно запоздалое наблюдение.

Весна

Таблица 1

Изменчивость сроков наступления явления				Коэффициент корреляции с температурой $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M - 2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретич. возможное $M + 2\sigma$	фактически наблюдалось		
28/II	4/III—53	15/IV	13/IV—27*)	—	—
24/II	4/III—53	11/IV	12/IV—34	$0,92 \pm 0,05$	99,0
—	5/II—54	—	26/III—55	—	—

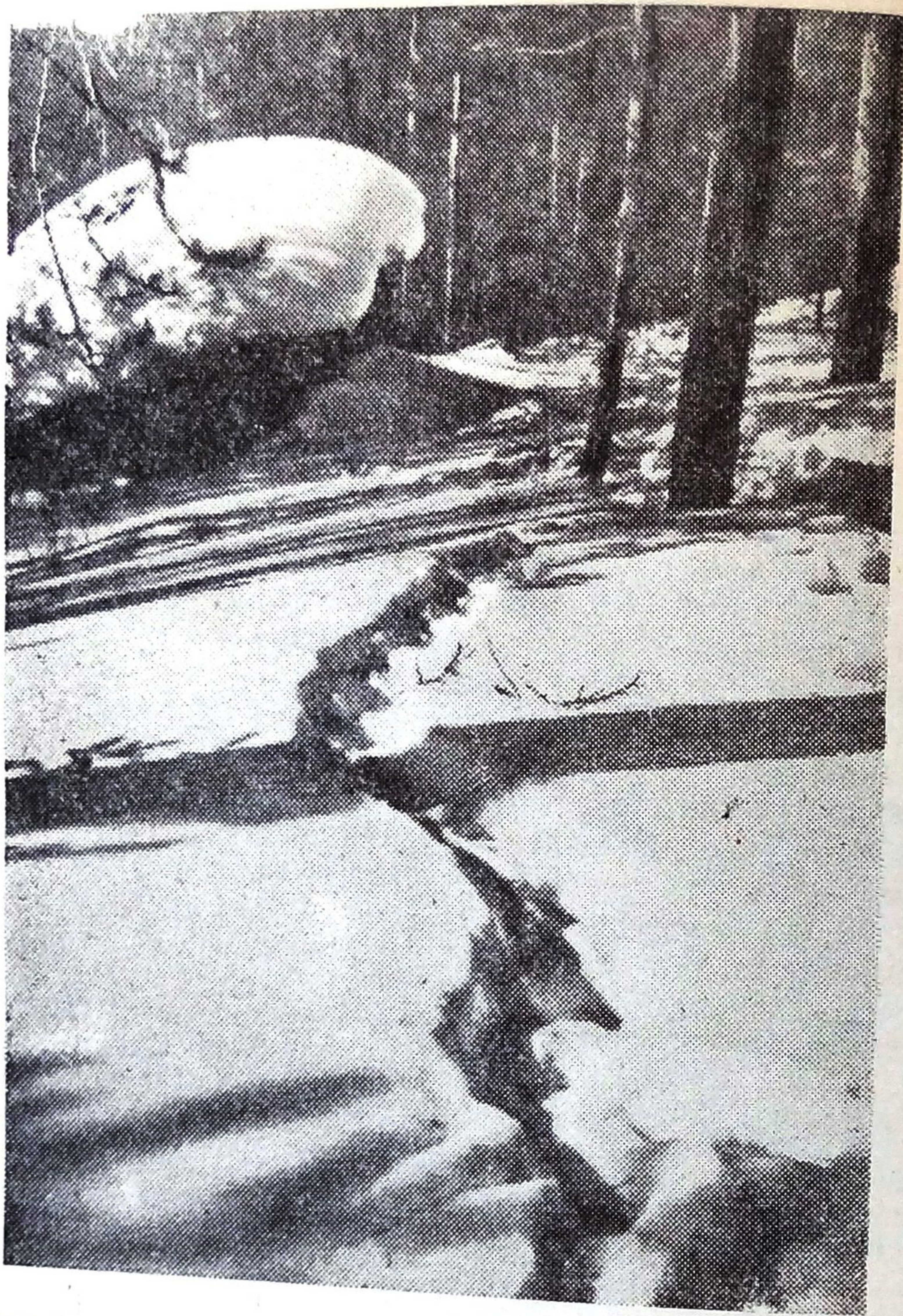
сопутствующих ее началу феноявлений, которые дают очень высокую корреляцию с температурным фактором.

Значительный дневной прогрев приводит к массовому появлению проталин и полному освобождению от снега склонов южных экспозиций, что и обуславливает «пестрый» ландшафт в это время года. Таяние снежного покрова имеет большую изменчивость, чем температурный фактор, так как зависит также и от высоты снежного покрова и от силы и направления ветров. Массовое появление проталин — характернейшее явление начала пестрой весны, дающее высокую корреляцию с ее температурным началом — $0,79 \pm 0,09$ (с достоверностью этого коэффициента не менее 98 проц.). Однако

Таблица 2

весна				Коэффициент корреляции с температурой $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
Изменчивость сроков наступления явления					
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M - 2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретич. возможное $M + 2\sigma$	фактически наблюдалось		
29/III	31/III—55	10/V	6/V—41	—	
24/III	27/III—53	11/V	2/V—30	$0,79 \pm 0,09$	98%
29/III	1/IV—55	8/V	8/V—41	$0,91 \pm 0,04$	99%
29/III	2/IV—55	6/V	12/V—41*)	$0,92 \pm 0,04$	99%
2/IV	1/IV—55	8/IV	24/IV—46	$0,60 \pm 0,15$	93%
24/III	16/III—53	11/V	6/V—30	$0,78 \pm 0,09$	94%

это явление несколько неудобно в качестве феноиндикатора, ввиду возможной субъективности при его установлении (как и вообще при установлении массового начала явлений).



Необычайно раннее пробуждение барсука в снежную весну 1953 г.
Следы барсука в глубоком снегу.

С теплыми днями на проталинах пробуждаются муравьи и бабочки-крапивницы — очень надежные и легко устанавливаемые феноиндикаторы пестрой весны, показывающие почти полную корреляцию с ее температурным началом $= 0,91$ и $0,92 \pm 0,04$ (достоверность чего составляет не менее 99 проц.).

С началом пестрой весны пробуждаются спящие зимой животные — медведь, барсук, бурундук. Достаточный ряд наблюдений у нас имеется только для пробуждений бурундука. Явление это, под-

чиненное более сложным зависимостям, дает вполне удовлетворительную корреляцию с температурным фактором $= 0,78 \pm 0,09$ (с достоверностью не менее 94 проц.). Но при этом следует иметь в виду, что иногда, во время кратковременного, но значительного повышения температур еще во время снежной весны, бурундук или барсук могут проснуться необычайно рано, как это было, например в 1953 г., когда они проснулись на месяц раньше среднего многолетнего срока, задолго до тех явлений, с которыми обычно связано по времени их пробуждение. С возвратом холодов они засыпают вновь и за начало пестрой весны приходится принимать их окончательное пробуждение.

Начало глухариных токов — один из критериев начала пестрой весны дает удовлетворительную корреляцию с температурным началом $= 0,60 \pm 0,16$ (с достоверностью 93 проц.), вероятно сниженную не только за счет более сложной зависимости этого явления, но также, в значительной мере, из-за трудности его учета.

ГОЛАЯ ВЕСНА (С 1 МАЯ ПО 21 МАЯ)

Последняя фаза ранней весны. Время полного схода снежного покрова, начала весеннего пробуждения растений.

Температурным началом голой весны является переход минимальных температур воздуха выше 0° . Первые же безморозные ночи оказывают решающее влияние на ход весенних явлений. И хотя ночные заморозки неоднократно возвращаются, преобладание безморозных ночей определяет температурную характеристику голой весны.

Фенологические критерии голой весны выражены чрезвычайно четко.

Освобождение от снега более половины поверхности наступает в среднем многолетнем выводе через 5 суток после начала безморозных ночей. Критерий легко уловимый¹⁾ и, как правило, достаточно надежный. Но, как уже отмечалось выше, снеготаяние подвержено большей изменчивости во времени, чем температурный критерий, так как зависит и от высоты снежного покрова и от характера зимы. Поэтому освобождение от снега более $\frac{1}{2}$ поверхности в обычные годы полностью совпадает с температурным началом голой весны. Но в годы с высоким снежным покровом или неблагоприятными для снеготаяния метеорологическими условиями в первые периоды весны (напр., в 1959, 1951 и, особенно, в 1954 гг.), таяние снега запаздывает почти на месяц по сравнению с многолетним средним сроком и освобождение от снега более $\frac{1}{2}$ поверхности приходится уже на конец голой — начало зеленой весны.

¹⁾ Метеорологические станции перестают с этого времени ставить знак $\boxtimes$ — «снежный покров». В условиях горной тайги к этому времени снег сходит со склонов южных экспозиций и остается лежать на северных.

почти совпадая по времени с полным сходом снега». ¹⁾ Вероятность таких аномальных лет — 24 проц. именно за их счет снижается корреляция между температурным началом голой весны и освобождением от снега более $\frac{1}{2}$ поверхности. Тем не менее, она остается все же достаточно высокой $= 0,70 \pm 0,10$ (при наименьшей достоверности этого коэффициента 98 проц.).

С началом безморозных ночей связано начало вегетации растений и, следовательно, вступают новые, чрезвычайно наглядные и легко уловимые феноиндикаторы хода весны. Начало сокодвижения у березы, наступая в среднем 26-IV, дает, как и следовало ожидать, почти полную корреляцию с минимальными температурами воздуха $= 0,96 \pm 0,11$ (при наименьшей достоверности этого коэффициента $= 98,5$ проц.). Связь сокодвижения березы с температурным фактором настолько тесна, что оно прекращается в морозные ночи, с тем, чтобы начаться опять в ночи с температурами выше 0° .

Г о л а я

Критерии начала	Число лет наблюдений n	Средние сроки начала		Изменчивость сроков наступления явления
		средняя многолетняя $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm \frac{1}{2}\sigma$	
Температурный критерий				
Постоянный переход минимальных температур воздуха выше 0° . . .	25	$1/V \pm 1,95$	26/IV — 5/V	9,8
Феноиндикаторы				
Освобождение от снега более $\frac{1}{2}$ поверхности . . .	24	$5/V \pm 2,15$	30/IV — 10/V	10,7
Начало сокодвижения у березы . . .	14	$26/IV \pm 1,74$	23 — 29/IV	7,1
Начало цветения ветреницы алтайской . . .	23	$2/V \pm 1,77$	28/IV — 6/V	8,5
Первые комары . . .	19	$2/V \pm 1,93$	28/IV — 6/V	8,4
Первые клещи . . .	17	$26/IV \pm 2,45$	21/IV — I/V	10,1
Начало пролета . . .	18	$27/IV \pm 1,81$	23/IV — I/V	7,7
Прилет белой трясогузки . . .	14	$27/IV \pm 2,31$	23/IV — I/V	8,8
" чернозобого дрозда . . .	18	$25/IV \pm 1,90$	21 — 29/IV	8,1
" певчего дрозда (песня) . . .	21	$1/V \pm 1,31$	28/IV — 4/V	6,0

*) а также 1953 г.

Зацветание «белого подснежника», ветреницы алтайской — первого цветка горной тайги — зависит не только от температурного фактора, но и от схода снежного покрова (проталины). Поэтому коррелятивная связь этого явления с температурным началом горечен.

лой весны несколько ниже, но вполне надежна, составляя $0,87 \pm 0,05$ (с наименьшей достоверностью этого коэффициента 99,5 проц.).

В мире насекомых простым и надежным критерием начала голой весны служит появление первых комаров — кусак, корреляция его с температурным фактором составляет $0,87 \pm 0,07$ (с наименьшей достоверностью 99 проц.).

Появление первых клещей также может служить удовлетворительным феноиндикатором голой весны, но корреляция с температурами несколько ниже, чем для появления комаров, давая коэффициент $= 0,69 \pm 0,12$ (с наименьшей достоверностью 97 проц.). Этого и следовало ожидать, так как если комары зимуют оцепенелыми во взрослом состоянии и пробуждение их целиком зависит от температурного режима окружающей среды, то клещи зимуют в стадии нимфы на мелких грызунах и связь их пробуждения с температурой воздуха более сложна.

в е с н а

Т а б л и ц а 3

Изменчивость сроков наступления явления				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции в %
Самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M-2\sigma$	фактически наблюда-лось	теоретич. возможное $M+2\sigma$	фактически наблюда-лось		
12/IV	15/IV—49	20/V	20/V—32	—	—
10/IV	17/IV—49	26/V	24/V—41	$0,70 \pm 0,10$	98,0
12/IV	14/IV—38	10/V	11/V—36	$0,96 \pm 0,11$	98,0
15/IV	16/IV—49	11/V	16/V—37	$0,87 \pm 0,05$	99,0
15/IV	16/IV—49	19/V	14/V—42	$0,87 \pm 0,07$	99,5
6/IV	11/IV—49	16/V	18/V—41	$0,69 \pm 0,12$	97,0
12/IV	18/IV—49	12/V	10/V—31	$0,66 \pm 0,13$	96,0
10/IV	16/IV—49*)	14/V	16/V—34	$0,92 \pm 0,04$	99,5
9/IV	13/IV—38	11/V	8/V—28	$0,71 \pm 0,12$	97,0
19/IV	21/IV—47	13/V	10/V—28	$0,58 \pm 0,18$	78,0

Начало пролета и прилета птиц — характернейшее явление наступления голой весны.

Наиболее надежным феноиндикатором этого порядка служит температурный фактор $= 0,92 \pm 0,04$ (с наименьшей его достоверностью 99,5 проц.). Феноиндикатор этот тем более надежен, что прилет этой птички, хорошо знакомый большинству, может быть легко и прилет белой трясогузки, дающий высокую корреляцию с температурами.

точно отмечен. Прилет чернозобого дрозда дает вполне удовлетворительную корреляцию с температурным началом голой весны. Коэффициент корреляции составляет $0,71 \pm 0,12$ (с наименьшей достоверностью 97 проц.). Но в некоторые теплые зимы (например в 1948, 1952 1955 гг.)¹⁾ отдельные особи чернозобовых дроздов остаются зимовать у нас и обратная откочевка их из предгорий в горную тайгу может быть смешана с прилетом. Так, например, остается сомнительной в этом отношении и приведенная в таблице дата наиболее раннего прилета чернозобого дрозда — 13-IV-38 г. Прилет певчего дрозда, который мы считали в числе феноиндикаторов начала голой весны, показал незначительную корреляцию с темпе-

Зеленая

Критерии начала	Число лет наблюдений п	Средние сроки начала		Измен. квадратичное отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Переход минимальных температур воздуха выше 5°	25	$21/V \pm 1.57$	$\frac{17-25}{V}$	8,0
Феноиндикаторы				
Полный сход снежного покрова . .	24	$18/V \pm 1.76$	$\frac{14-22}{V}$	8,6
Начало зеленения березы	15	$23/V \pm 1.79$	$\frac{20-26}{V}$	6,9
" " лиственницы	19	$21/V \pm 1.68$	$\frac{17-25}{V}$	7,4
" " таволги	13	$22/V \pm 2.77$	$\frac{17-27}{V}$	10,0
" " черемухи	17	$20/V \pm 2.18$	$\frac{16-24}{V}$	9,0
" " черники	10	$20/V \pm 2.00$	$\frac{17-23}{V}$	6,2
Начало цветения волчьего лыка . .	15	$23/V \pm 1.88$	$\frac{19-27}{V}$	7,3
Первое кукование	23	$19/V \pm 0.72$	$\frac{17-21}{V}$	3,3
Прилет земляного дрозда	18	$19/V \pm 1.79$	$\frac{15-23}{V}$	7,6
Первое воркование горлицы	20	$23/V \pm 4.83$	$\frac{19-27}{V}$	8,1

*) а также 1929 и 1935 гг

***)

^{*)} а также 1929 и 1935 гг.
^{**)} а также 1948 г.

¹⁾ Поэтому 1955 г. не включен нами как самый ранний по прилету дрозда.

ратурами $= 0,38 \pm 0,18$ (к тому же мало достоверную — 78 проц.). Прилет этот проходит в ограниченные календарные сроки, изменчивость которых в 1,5 раза меньше, чем для температурного критерия голой весны. Поэтому прилет певчего дрозда может служить феноиндикатором только в нормальные по началу весны.

Начало пролета — явление более широкого фронта, чем местные температурные условия и поэтому понятна его невысокая корреляция с температурным началом голой весны: коэффициент корреляции $= 0,66 \pm 0,13$ (наименьшая достоверность его 96 проц.). При этом мы имеем в виду начало пролета вообще, безотносительно к виду птиц. В некоторые годы сначала отмечался пролет гусей, в другие — овсянок-ремез. Корреляция с температурным фактором

Таблица № 4

весна

числовость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M - 2\sigma$	фактически наблюда- лось	теоретич. возможное $M + 2\sigma$	фактически наблюда- лось		
5/V	5/V — 49	6/VI	1/VI — 29*)	—	—
1/V	26/IV — 49	4/VI	29/V — 54	$0,68 \pm 0,11$	97,0
9/V	11/V — 55	6/VI	2/VI — 30**)	$0,75 \pm 0,11$	98,0
6/V	7/V — 49	5/VI	3/VI — 29	$0,87 \pm 0,06$	99,5
2/V	5/V — 49	11/VI	2/VI — 30	$0,83 \pm 0,09$	99,0
2/V	5/V — 49	7/VI	2/VI — 30	$0,79 \pm 0,09$	98,5
7/V	10/V — 55	2/VI	28/V — 48	$0,84 \pm 0,09$	99,0
8/V	10/V — 55	7/V	6/VI — 29	$0,86 \pm 0,07$	99,0
12/V	14/V — 47	26/V	26/V — 35	$0,17 \pm 0,20$	32,0
4/V	7/V — 34	3/VI	1/VI — 35	$0,10 \pm 0,33$	6,0
7/V	10/V — 52	8/VI	3/VI — 28	$0,58 \pm 0,13$	96,0

начала пролета каждого из этих видов в отдельности составляет немногим более 0,50.

ЗЕЛЕНАЯ ВЕСНА (с 21-V по 6-VI).

Завершающий период весны, время зеленения леса, время массового прилета.

Температура $4-5^{\circ}$ — неоднократно указывалась как биологический минимум вегетации культурных и дикорастущих растений (Степанов 1948, ШигOLEV 1941). Поэтому понятно, что именно переход минимальных температур воздуха выше этой границы и определяет собой начало зеленения деревьев и трав, являясь температурным началом зеленой весны.

Феноиндикаторы зеленой весны многочисленны и четко выражены.

Полный сход снежного покрова — даже в густых пихтарниках на северных склонах и в долинах таежных рек — характерное явление наступления зеленой весны, приходящееся в среднем на 3—4 дня ранее ее температурного начала. Корреляция этого явления с температурным фактором обычно достаточно высокая — около 0,90. Но в 1927, 1928 годах сход снежного покрова был отмечен на 13—14 дней раньше температурного перелома. И хотя в эти первые годы работы метеорологической станции наблюдения еще не отличаются достаточной полнотой, мы все же приняли их во внимание, за счет чего корреляция полного схода снежного покрова с температурным фактором снизилась до $0,68 \pm 0,11$, т. е. остается вполне удовлетворительной (при достоверности этого вывода в 97 проц.).

Но наиболее важный критерий наступления зеленой весны, давшей ей само название — зеленение деревьев и кустарников. За начало зеленения мы принимали открытие почек, когда из них показываются еще сложенные листочки. Корреляция этого процесса с температурным началом зеленой весны составляет от 0,75 до 0,87. Несколько повышенную корреляцию дало зеленение спиреи (таволги *Spiraea media*) и лиственницы сибирской. Но как раз у этих пород раскрытие почек улавливается труднее, почему в качестве феноиндикаторов удобнее брать начало зеленения березы и черемухи, также дающее достаточно высокую и достоверную (98 проц.) корреляцию с температурным фактором. К тому же эти объекты удобны своей универсальностью. Высокую корреляцию с температурным наступлением весны показало и начало зеленения черники — $0,84 \pm 0,09$. По-видимому, это также хороший феноиндикатор, но число лет наблюдений еще недостаточно для окончательных выводов. (Хотя достоверность полученного коэффициента корреляции определена не менее 99 проц.).

С наступлением зеленой весны расцветает волчье лыко (*Daphn Mezereum*). Корреляция его зацветания с температурным фактором составляет $0,86 \pm 0,07$ с достоверностью не менее 99 проц.) — т. е. это надежный и легко уловимый феноиндикатор.

3-я волна прилета птиц — характернейшее явление наступления зеленой весны. Прежде мы считали феноиндикаторами ее начала прилет кукушки (первое кукование) и прилет земляного дрозда. Однако дальнейший анализ материала показал, что прилет кукушки удивительно постоянен, проходя при любых особенностях весны, в очень сжатые календарные сроки: теоретически возможные и фактически наблюдавшиеся крайние сроки прилета отстоят друг от друга всего 14 дней, в то время как для температурного начала зеленой весны — так же как для большинства других феноиндикаторов — эта амплитуда может достигать около месяца. Поэтому первое кукование, так характерное для нормальной по срокам начала зеленой весны, в ранние и поздние весны не может служить надежным феноиндикатором.

Прилет земляного дрозда, также ранее принимавшийся нами как феноиндикатор, хотя и подвержен такой же изменчивости, как и температурный фактор, не дает с ним никакой корреляции, случайно совпадая только в отдельные годы. Возможно, что здесь сыграло некоторую роль и то обстоятельство, что прежние наблюдатели плохо различали песню земляного дрозда и поэтому неточно отмечали его прилет. Во всяком случае, до дальнейшего накопления материала прилет земляного дрозда должен быть исключен из числа феноиндикаторов.

Слабая корреляция с температурным фактором явлений прилета, выдвигаемых нами прежде в качестве феноиндикаторов, заставила нас искать новые критерии в этой же области. Мы остановились на горлице, которая прилетает в этой же волне и по которой имеется достаточное число лет наблюдений. Песня горлицы легко отличается большинством наблюдателей, корреляция ее прилета с температурным началом зеленой весны вполне удовлетворительна: $0,58 \pm 0,13$ (с достоверностью этого вывода не менее, чем 96 проц.) — поэтому первое воркование горлинки может служить достаточно удобным феноиндикатором начала зеленой весны.

Фенология насекомых известна нам еще совершенно недостаточно, чтобы мы могли подобрать критерии начала зеленой весны в этой области.

РАННЕЕ ЛЕТО (с 6-VI по 20-VI (8-VII))

Время усиленного роста деревьев и трав, разгар цветения, пения.

Как биологический минимум начала интенсивного роста и развития генеративных органов, указывается температура 10° . (Степанов, 1948). Поэтому именно переход минимальных температур воздуха выше этого предела и принят за решающий критерий начала раннего лета, (с последующим более или менее значительным похолоданием, связанным с усилением циклонической деятельности).

Раннее лето в мире растений датируется со времени полного

развертывания листьев — смыкания полога листвы деревьев. Корреляция этого явления с температурным началом лета достаточно высока — $0,73 \pm 0,13$ (с достоверностью не менее 97 проц.).

Очень характерно для раннего лета цветение большей части кустарников и трав нижних ярусов. Здесь возможен богатый подбор феноиндикаторов. Из многочисленных видов цветущих в это время наибольшую корреляцию с температурным началом лета показало зацветание чины Гмелина *Lathyrus Gmelini* в лиственных лесах корреляция $0,73 \pm 0,14$ (с достоверностью не менее 96 проц.) и черники в сосняках, корреляция $0,59 \pm 0,16$ (с достоверностью не менее 92 проц.). Зацветание рябины и пыление хвойных также хорошо коррелируется с температурой — $0,64 \pm 0,15$ (с достоверностью около 94 проц.), но цветение их наступает на 5—6 дней позже начала лета. По-видимому, ближе совпадает с началом лета пыление пихты, наступающее на 3—5 дней раньше, чем у сосны. Но у нас еще мало данных по этому виду и к тому же при совместном

Р а н н е е

Критерии начала	Число лет наблюдений	Средние сроки начала		Изменчивость квадратичное отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Переход минимальных температур воздуха выше 10° (с последующим похолоданием)	25	$6/\text{VI} \pm 0,96$	4—8/VI	4,8
Феноиндикаторы				
Смыкание полога листвы в лесу	13	$7/\text{VI} \pm 1,33$	5—9/VI	4,8
Пыление хвойных	15	$12/\text{VI} \pm 2,04$	8—16/VI	7,9
Зацветание рябины	13	$11/\text{VI} \pm 1,56$	8—14/VI	5,6
„ жимолости	18	$3/\text{VI} \pm 1,53$	$\frac{31}{\text{V}} - \frac{6}{\text{VI}}$	6,7
„ черемухи	20	$4/\text{VI} \pm 1,00$	1—7/VI	5,6
„ чины Гмелина	11	$8/\text{VI} \pm 1,42$	6—10/VI	4,7
„ черники	19	$5/\text{VI} \pm 1,58$	2—8/VI	6,3
„ огоньков	17	$4/\text{VI} \pm 0,88$	1—5/VI	3,6
Раскрытие почек пихты и ели	9	$5/\text{VI} \pm 1,66$	3—7/VI	5,0
Появление оводов	17	$7/\text{VI} \pm 1,19$	5—9/VI	4,9
„ мошки	9	$10/\text{VI} \pm 2,32$	7—13/VI	6,9
Прилет соловьев: свистуна	20	$5/\text{VI} \pm 0,91$	3—7/VI	4,1
„ красношейки	22	$3/\text{VI} \pm 0,86$	1—5/VI	4,1
Первые выводки у глухарей	13	$9/\text{VI} \pm 1,11$	7—11/VI	4,0

произрастании пихты и сосны, как это большей частью имеет место, надежное разграничение начала их пыления возможно только при наличии микроскопа, что недоступно рядовому фенологу. По-

этому лучше говорить о пылении хвойных вообще (сосны и пихты). Цветение черемухи — характернейшее явление начала лета — не дает, однако, достаточной корреляции с температурой, она зацветает, то несколько раньше, то позже начала лета.

Раскрытие почек хвойных — т. е. начало у них роста побегов этого года — очень легко наблюдается и хорошо согласуется с наступлением лета. Но так как число лет наблюдений еще мало, 2 отклонившиеся года (1948 и 1951) заметно снизили процент корреляции: до $0,60 \pm 0,21$ (с достоверностью не менее 88 проц.). Следует ожидать, что при дальнейшем накоплении материала процент корреляции окажется более высоким.

В мире насекомых надежный критерий начала лета — появление оводов, явление легко наблюдаемое и дающее высокую корреляцию $= 0,81 \pm 0,08$ (с достоверностью не менее 99 проц.). Появление же мошки, которую мы считали в числе феноиндикаторов, со-

л е т о

Изменчивость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M - 2 \sigma$	фактически наблюдалось	теоретич. возможное $M + 2 \sigma$	фактически наблюдалось		
26/V	23/V - 53	16/VI	14/VI - 48	—	—
28/V	30/V - 53*)	15/VI	16/VI - 26	$0,73 \pm 0,13$	97,0
27/V	29/V - 53	28/VI	25/VI - 29	$0,64 \pm 0,15$	95,0
31/V	1/VI - 53**)	22/VI	22/VI - 28	$0,64 \pm 0,16$	94,0
21/V	20/V - 27	17/VI	20/VI - 36	$0,52 \pm 0,17$	89,0
24/V	20/V - 27	15/VI	12/VI - 29***	$0,48 \pm 0,17$	87,0
29/V	25/V - 53	18/VI	14/VI - 48	$0,73 \pm 0,14$	96,0
23/V	20/V - 27	18/VI	17/VI - 48****	$0,59 \pm 0,16$	92,0
27/V	27/V - 53°)	10/VI	10/VI - 35	$0,35 \pm 0,21$	64,0
26/V	28/V - 53	15/VI	12/VI - 54	$0,60 \pm 0,21$	88,0
28/V	28/V - 53	17/VI	16/VI - 48	$0,81 \pm 0,08$	99,0
28/V	3/VI - 47	24/VI	14/VI - 48	$0,15 \pm 0,32$	0(37)
28/V	29/V - 27	13/VI	13/VI - 34	$0,08 \pm 0,22$	0(29)
26/V	25/V - 48	11/VI	11/VI - 27	0,00	—
1/VI	3/VI - 47	17/VI	16/VI - 40	$0,18 \pm 0,27$	0(49)

*) — а также в 1955 г., **), а также 1955 и 1957. ***), а также 1954 г. ****), а также 1951 г.

В скобках — наибольшая достоверность коэффициента корреляции

всем не дает корреляции с температурным началом лета, довольно хорошо совпадая с ним только в средних и ранних сроках.

Явления прилета — прилет 5-й волны (соловьев и камышевок) также и в средних многолетних и в крайних отклоняющихся сроках приходится на начало раннего лета и поэтому служит хорошим феноиндикатором его наступления. Но никакой корреляции с температурными особенностями данного года прилет соловьев не обнаруживает — они прилетают из года в год в одни и те же сроки, большей частью в первую пятидневку июня, совпадая по времени со средним по началу летом, а в случае его запоздания — несколько опережая температурное лето.

Появление выводков у глухарей — один из феноиндикаторов наступления лета — имеет тенденцию к запаздыванию, по сравнению с его температурным началом.

П о л н о е

Критерии начала	Число лет наблюдений п	Средние сроки начала		Изменчивость квадратичное отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2 \sigma$	
Температурный критерий				
Окончательный переход минимальных температур воздуха выше 10°. Конец июньской температурной депрессии	25	26/VI ± 0,90	24—28/VI	4,5
	26	8/VII ± 1,56	4—12/VII	8,0
Феноиндикаторы				
Начало цветения крупнотравья: василисник обыкновенный	18	25/VI ± 1,63	21—29/VI	7,3
Бор развесистый	11	28/VI ± 1,50	25/VI—1/VII	5,0
Начало цветения черемши	13	27/VI ± 1,37	25—29/VI	4,9
(линии северной)	17	27/VI ± 1,60	24—30/VI	6,6
Отмирание весен. эфемер	10	27/VI ± 2,47	19—27/VI	7,8
Птенцы больш. пестр. дятла	11	26/VI ± 1,72	24—28/VI	4,7
Первые ягоды жимолости	11	3/VII ± 1,71	30/VI—6/VI	5,7
Глухарята в полном ювенальном пере.	13	9/VII ± 1,44	6—12/VII	5,2
Затухание песен	13	4/VII ± 1,95	1—7/VII	7,0
Появление слетков у дуплогнезников	9	5/VII ± 1,44	—	—
Появление				

Появление выводков отмечается в среднем через 7 недель после начала токов — явление, которое, как мы видели, зависит от сроков начала пестрой весны. При поздней весне и раннем лете запаздывание появления выводков по сравнению с температурным началом лета — неизбежно, однако в средних многолетних и даже крайних сроках явления эти хорошо совпадают.

Завершающий период лета, время выращивания потомства, вызревания плодов и семян растений, массового появления молодых у птиц и млекопитающих.

Как уже говорилось выше, температурная граница между двумя периодами лета несколько расплывчата. При определении сроков начала полного лета приходится принимать во внимание две даты — дату окончательного перехода минимальных температур воздуха выше 10° — характеризующую собой начало полнолетних явлений, она приходится в среднем на 26 июня, и дату конца июньской депрессии (обычно переход минимальных температур выше 15°), характеризующую собой окончательное господство полнолетних явлений, что приходится в среднем на 8 июля. Решающим критерием при определении сроков начала полного лета мы склонны

Т а б л и ц а 6

л е т о

л е т о

Изменчивость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможное $M - 2 \sigma$	фактически наблюдалось	теоретич. возможное $M + 2 \sigma$	фактически наблюдалось		
17/VI	16/VI - 34	5/VII	5/VII - 54	—	—
22/VI	22/VI - 53	24/VII	25/VII - 47	—	—
10/VI	14/VI - 53*)	10/VII	7/VII - 54	$0,49 \pm 0,18$	87,0
18/VI	16/VI - 53	8/VII	6/VII - 49	$0,13 \pm 0,29$	0,32
17/VI	14/VI - 53	7/VII	5/VII - 46	$0,48 \pm 0,21$	80,0
13/VI	11/VI - 53	11/VII	6/VII - 46**)	$0,04 \pm 0,24$	0
8/VI	14/VI - 53	8/VII	4/VII - 55	$0,82 \pm 0,10$	99,0
17/VI	16/VI - 39	5/VII	4/VII - 41	$0,04 \pm 0,30$	0
22/VI	22/VI - 53	14/VII	9/VII - 34***)	$0,16 \pm 0,29$	41,0
30/VI	1/VII - 49	19/VII	13/VII - 40	$0,50 \pm 0,21$	82,5
24/VI	24/VI - 53	18/VII	17/VII - 27	$0,44 \pm 0,22$	—
—	26/V - 53	—	11/VII - 41	—	—

*) и 1927 г. **) и 1949 г. ***) и 1927 г.

считать первую из этих дат, как потому, что она подвержена меньшей изменчивости, так и потому, что именно с ней совпадают полнолетние явления в мире растений, выраженные очень четко. Что же касается второй даты, то она подвержена большей изменчивости и в

некоторые годы температурная депрессия охватывает все (1949 г.) или почти все полное лето (1947, 1954). В нормальные годы со второй датой связаны полнолетние явления в мире птиц. Иногда (в 1935, 1952, 1953 гг.) обе эти даты совпадают — полное лето начинается сразу решительным температурным переломом, но полнолетние явления в мире растений и животных всегда несколько разграничены и первые предваряют вторые. Корреляция феноиндикаторов полного лета с температурным фактором — крайне незначительна, что вполне понятно, так как даже минимальные температуры воздуха в это время года достаточно высоки и уже не выступают как ограничивающий жизненные процессы фактор — на первый план выдвигаются более сложные биологические закономерности.

Однако при отсутствии такой корреляции феноиндикаторы полного лета выражены очень четко и определено, их средние и крайние сроки хорошо совпадают между собой и с температурным началом лета.

Конец интенсивного роста деревьев и травянистых растений — явление, характерное для наступления полного лета, само по себе трудно уловимо. Но как показали стационарные наблюдения, оно хорошо диагностируется по началу цветения крупнотравья, так как эти травы начинают цвести только закончив рост. В пихтарниках с этим моментом совпадает начало цветения черемши *Allium victorialis*. Корреляция этих явлений с температурным началом лета составляет $0,48 \pm 0,2$ (с наименьшей достоверностью около 80%). Для сосняков начало цветения линнеи, которое мы принимали за показатель наступления полного лета, показало почти полное отсутствие корреляции с температурой, здесь следует подбирать другой феноиндикатор.

Только отмирание в травяном покрове весенних геоэфемероидов (ветрениц, хохлатки), закончивших к наступлению полного лета активный период жизни, показало достаточно высокую корреляцию с его температурным началом — $0,82 \pm 0,10$ (с наименьшей достоверностью 99 проц.).

Окончательное господство летних явлений в сезонном ритме жизни растений хорошо датируется по созреванию первых ягод жимолости алтайской, при условии, что оно будет отмечаться не в лесу, где они вызревают несколько позднее, а на открытых местах — каменных россыпях, вырубках.

Полно-летние явления в сезонном ритме жизни животных, как мы уже указывали, наступают позднее, чем для растений, и позднее температурного начала полного лета.

Начало полного лета в сезонном ритме жизни птиц удобно отмечать по гнездовым птенцам большого пестрого дятла (которые в это время начинают громко кричать в дуплах, и поэтому легко могут быть отмечены), а так же по появлению слетков у большинства других наших дуплогнездников (горихвостка, малая мухоловка, синица-гайчка, синица-московка, горная и белая трясогузки). У нас

пока еще мало данных для определения коэффициента корреляции этого явления с температурным началом лета, тем более, что в прошлые годы оно отмечалось недостаточно точно (поэтому приводимые крайние даты появления слетков имеют только ориентировочное значение). Однако уже имеющиеся данные, полученные на основании наблюдений над заселением искусственных гнездовий в заповеднике, позволяют с уверенностью сказать, что появление слетков у большинства наших дуплогнездников займет свое место в ряду надежных феноиндикаторов полного лета.

Перелинивание глухарят в полное ювенальное перо — явление важное для охотника и биолога — трудно поддается непосредственному учету. Но, как показывает таблица 6, оно приходится на момент окончательного температурного перелома к полному лету. Поэтому с большой степенью достоверности мы можем судить о перелинивании глухарят на основании других, более доступных феноиндикаторов. Так, например, корреляция этого явления с созреванием ягод жимолости (не приведенная в табл. 6) составляет $0,72 \pm 0,16$ (с достоверностью не менее 99 проц.). Заметим, что полное ювенальное оперение глухарят дает с температурным фактором большую корреляцию, чем появление выводов (см. табл. 5 и 6).

ЗОЛОТАЯ ОСЕНЬ (с 14-VIII по 11-IX)

Время осенней окраски леса, стаения птиц.

За температурное начало золотой осени мы принимаем падение минимальных температур воздуха ниже 10° . Переход этот обычно достаточно резко выражен, в отдельные годы минимальные температуры сразу снижаются до 5° .

С этого времени начинается осенняя раскраска леса. Следует оговориться, что речь здесь идет об осенней окраске леса, безотносительно к породе. Начало осенней окраски древесных пород, наряду с явной зависимостью его от внешних условий, определяется также и сложными биологическими причинами. И для каждой древесной породы начало осенней окраски обладает изменчивостью почти вдвое большей, чем температурное начало осени. Поэтому взятое по отдельности для какого-либо вида, это явление не дает достаточной корреляции с температурным фактором, в то время как начало осенней окраски леса в целом очень тесно связано с температурным наступлением осени — корреляция составляет $0,91 \pm 0,04$ (с достоверностью не менее 99,5 проц.). Тем самым осенняя окраска леса является надежным, очень наглядным и общепринятым феноиндикатором золотой осени, давшим название этому времени года.

Конец цветения копьевника не дает удовлетворительной корреляции с температурным началом осени, так как в значительной степени зависит от погодных особенностей лета. Но мы склонны оставить его в числе феноиндикаторов, так как это явление означает собой конец летних процессов — конец цветения синюхи круп-

Критерии начала	Число лет наблюдений n	Средние сроки начала		Изменчивое отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Переход минимальных температур воздуха ниже $10^{\circ}(5)$	25	14/VIII $\pm 1,25$	11—17/VIII	6,3
Феноиндикаторы				
Начало осенней окраски леса	18	15/VIII $\pm 1,90$	11—19/VIII	8,0
Конец цветения копыевника	12	13/VIII $\pm 1,40$	10—16/VIII	5,4
Стаение птиц	10	12/VIII $\pm 2,23$	9—15/VIII	7,1
Глухарята в основном перелиняли в годовое перо	7	(26—VIII)	—	—

*) а также 1947 г.

нотравья, а средние и крайние возможные его сроки хорошо совпадают с температурным началом осени.

Явления стаения — образование смешанных стай самых различных видов (синиц, пеночек, синехвосток) — характернейшее явление начала осени в мире животных, совпадающее и в средних и в крайне возможных сроках с температурным началом осени. Поэтому оно оставлено нами в числе феноиндикаторов, хотя и не показало никакой корреляции с температурным фактором. Вероятно, известную роль сыграло малое число лет наблюдений и дальнейшее накопление материала позволит сделать более определенные выводы.

Линька глухарят в годовое перо заканчивается в общем также с наступлением золотой осени. У нас нет достаточного ряда наблюдений, чтобы судить о корреляции этого явления с температурным критерием; приводим только крайние его сроки, хорошо согласующиеся с температурным началом осени.

ГЛУБОКАЯ ОСЕНЬ (с 11-IX по 8-X)

Время первых заморозков, снегопадов, время листопада и отлета. Температурное начало глубокой осени характеризуется переходом минимальных температур воздуха вплоть до следующего предела: до 5° (или иногда до 0°).

Глубокая осень обычно начинается с резкого, но кратковременного снижения температур, которое, как правило, сопровождается первым инеем, снегом или просто первым заморозком в воздухе (в будке). Корреляция каждого из этих явлений, взятых по отдель-

Изменчивость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретич. возможно $M-2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретич. возможно $M+2\sigma$	фактически наблюдалось		
1/VIII	1/VIII—32	27/VIII	28/VIII—34	—	—
30/VII	2/VIII—28	31/VIII	26/VIII—34*)	$0,91 \pm 0,04$	99,5
2/VIII	5/VIII—38	24/VIII	22/VIII—54	$0,43 \pm 0,21$	81,0
29/VII	3/VIII—40	26/VIII	24/VIII—47	0	
—	10/VIII—42	—	—	—	

ности, с температурным началом глубокой осени невелика. Для первого снега и первого заморозка в будке она составляет $0,60 \pm 0,13$ (с наименьшей достоверностью 95 проц.). Для первого инея — значительно меньше $= 0,33 \pm 0,17$ (с наименьшей достоверностью 73 проц.), т. к. изменчивость этого явления в 1,5 раза большая, чем для температур. В 11 проц. случаев первый иней приходился еще на начало ранней осени, за счет чего и снижена корреляция его с температурным началом глубокой осени. Выпадение при осеннем похолодании первого снега, инея или первый заморозок в будке зависят, конечно, от погодных особенностей осени, в равной степени характерны для ее наступления, поэтому правильнее считать феноиндикатором наличие любого из этих явлений. Высчитанная, таким образом, корреляция с температурным началом глубокой осени составит $0,94 \pm 0,02$ (с достоверностью 99,5 проц.).

При этом за 27 лет наблюдений наступление глубокой осени сопровождалось:

Первым снегом	8 лет т. е. 29,6 проц.
Первым инеем	6 лет т. е. 22,2 проц.
Только заморозком (в будке)	4 года т. е. 14,8 проц.
Всеми этими явлениями	3 года т. е. 11,1 проц.
Первым снегом и заморозком в будке	5 лет т. е. 18,5 проц.
Первым инеем и заморозком в будке	1 год т. е. 3,7 проц.

Даже в сравнительно теплые осени переход минимальных температур воздуха ниже 5° означает также переход через температурный минимум процесса ассимиляции. Поэтому закономерно, что с наступлением глубокой осени заканчивается вегетация — лес приобретает полную осеннюю окраску. Но это биологическое явление независимо от погодных особенностей года — изменчивость его вдвое меньше, чем для температурного начала осени, оно наступает не-

сколько позднее и проходит в сжатые сроки. Поэтому полная осенняя окраска леса совпадает с температурным началом глубокой осени только в годы средние и отчасти поздние по срокам наступления глубокой осени. Корреляция этих двух явлений за 14 лет всего $0,26 \pm 0,24$ т. е. совершенно случайна. Но следует отметить, что такое резкое расхождение дало последнее 4-летие, когда 3 года глубокая осень наступала очень рано и 1 год (1953) — очень поздно. При малом числе лет наблюдений эти 4 года и дали резкое снижение корреляции. До последнего 4-летия корреляция полной осенней окраски леса с температурой составляла $0,93 \pm 0,04$.

Сибирская лиственница с наступлением глубокой осени еще только начинает желтеть, и первые пятна ее осенней окраски — хороший феноиндикатор, корреляция которого с температурным

Г л у б о к а я

Критерии начала	Число лет наблюдений n	Средние сроки начала		Изменчивость квadraticное отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2\sigma$	
Температурный критерий				
Переход минимальных температур воздуха ниже 5° (0°)	26	11/IX $\pm 1,63$	7—15/IX	8,4
Феноиндикаторы				
Первый иней	27	11/IX $\pm 2,38$	5—17/IX	12,4
Первый снег	25	13/IX $\pm 1,76$	9—17/IX	8,8
Первый заморозок (в будке)	26	14/IX $\pm 1,82$	9—19/IX	9,3
Полная осенняя окраска леса	14	14/IX $\pm 1,10$	12—16/IX	3,8
то же	за 10 лет**)			
Начало осенней окраски лиственницы сибирской —	18	15/IX $\pm 1,64$	12—18/IX	6,8
Гибель крупнотравья	9	12/IX $\pm 1,76$	9—15/IX	5,3
Начало пролета	13	13/IX $\pm 1,71$	10—16/IX	6,4

*) а также 1938. **) а также 1947 г.

***) за вычетом последнего 4-х летия

фактором составляет $0,81 \pm 0,08$ (с наименьшей достоверностью 99 проц.)¹⁾.

¹⁾ Интересно отметить, что пожелтение даурской лиственницы, по-видимому, не может служить феноиндикатором глубокой осени, так как первые пятна осенней окраски у нее появляются одновременно с другими лиственными породами, в чем мы убедились, обрабатывая за 1951 г. фенонаблюдения из Александровского завода.

С первыми холодными днями, обычно после заморозков или снега, лежат и гибнут высокие лесные травы (крупные зонтичные и сложноцветные) — крупнотравье. Это очень наглядный феноиндикатор глубокой осени. Сравнительно невысокая корреляция с температурой $= 0,58 \pm 0,22$ идет за счет недостаточного ряда наблюдений, когда один год отклонения (1955) вызвал резкое снижение корреляции в то время как в остальные годы эти явления совпадают до 1—2 дней.

Характерное явление наступления глубокой осени — начало пролета и массовый отлет. Если отлет трудно уловим, то пролет легко отмечается всяким сколько-нибудь внимательным наблюдателем. Как и другие сезонные явления в жизни птиц, пролет подвержен меньшей изменчивости, чем температуры, поэтому в предель-

о с е н ь

Т а б л и ц а 8

Изменчивость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретически возможное $M-2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретически возможное $M+2\sigma$	фактически наблюдалось		
26/VIII	26/VIII—35*)	28/IX	23/IX—26		
17/VIII	17/VIII—51	6/X	1/X—32	$0,33 \pm 0,17$	73,0
26/VIII	27/VIII—29*)	1/X	1/X—32	$0,59 \pm 0,13$	95,0
26/VIII	28/VIII—29**)	3/X	9/X—32	$0,60 \pm 0,13$	95,5
6/IX	7/IX—49	22/IX	20/IX—54	$0,26 \pm 0,24$	16,0
				$(0,93 \pm 0,04)$	99,5
1/IX	4/IX—51	26/IX	27/IX—26	$0,81 \pm 0,08$	99,0
1/IX	6/IX—51	23/IX	23/IX—53	$0,58 \pm 0,22$	85,0
31/VIII	3/IX—49	24/IX	6/IX—53	$0,69 \pm 0,14$	97,0

ных сроках возможны отклонения от температурного критерия, корреляция составляет $0,69 \pm 0,14$ (с достоверностью 97 проц.). Вероятно сказывается и недостаточное число лет наблюдений.

Послеосенье с 8 октября по 25 октября — время голого леса, неустойчивого снежного покрова.

Наступление послеосенья мы считаем с того времени, когда даже днем оттепели становятся случайным явлением — максимальные температуры воздуха переходят ниже 0° . Такое резкое изменение температурного режима влечет за собой следующий этап сезонного развития природы — замирание активной жизни растений, насекомых и впадающих в зимний сон млекопитающих.

Н а ч а л о

Критерии начала	Число лет наблюдений n	Средние сроки начала		Изменчивое отклонение σ
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2 \sigma$	
Температурный критерий				
Переход максимальных температур воздуха ниже 0°	24	$8/X \pm 1,75$	4—12/X	8,8
Феноиндикаторы				
Образование более или менее устойчивого снежного покрова	27	$10/X \pm 2,03$	5—15/X	10,7
Конец листопада лиственных пород	16	$6/X \pm 1,61$	3—9/X	6,2
Появление зимующих птиц	13	$7/X \pm 1,84$	4—10/X	6,6

*) а также 1929 г.

**) а также 1955 г.

***) отмечаемая ранее дата 30/X—34 г. при проверке оказалась ошибочной.

Наиболее важным феноиндикатором послеосенья служит образование более или менее устойчивого снежного покрова, коренным образом меняющего среду обитания для растений и животных.

Н а ч а л о

Критерии начала	Число лет наблюдений n	Средние сроки начала		Наимень
		средняя многолетняя дата $M \pm m$	пределы средних сроков $M \pm 1/2 \sigma$	квадратичные отклонения σ
Температурный критерий				
Переход максимальных температур воздуха ниже -5°	23	$25/X \pm 1,66$	$20 - 28/X$	8,0
Феноиндикаторы				
Окончательное залегание постоянного снежного покрова	24	$25/X \pm 1,41$	$21 - 29/X$	7,2
Конец листопада лиственницы сибирской	13	$19/X \pm 1,62$	$16 - 22/X$	5,8
Выход в чистую	4	—	—	—
б е л к и	5	—	—	—
зайца-беляка				

*) а также 1910 и 1952 гг.

**) а также 1940 г.

п о с л е о с е н ь я

Т а б л и ц а 9

Изменчивость сроков начала явлений				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретически возможное $M \pm 2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретически возможное $M \pm 2\sigma$	фактически наблюдалось		
22/IX	24/IX—33*)	24/X	27/X—36	—	—
19/IX	25/IX—33**)	31/X	26/X—36	$0,71 \pm 0,09$	98,5
23/IX	25/IX—51	19/X	15/X—27	$0,62 \pm 0,15$	94,0
24/IX	24/IX—49	20/X	20/X—27***)	$0,41 \pm 0,23$	72,0

Корреляция этого явления с температурным критерием достаточно высокая и вполне достоверная 0,71 $\pm$ 0,09 (с достоверностью 98,5). Но так как изменчивость в сроках установления снежного покрова и осенью большая, чем изменчивость температурного фактора (так же, как это отмечалось для его таяния весной), то значительная вероятность (24 проц.) установления его раньше и позднее средних сроков. При этом следует особо оговориться, что речь идет не о первом снежном покрове, который может неоднократно ложиться и опять сходить уже в течение глубокой осени, но о более или менее

Т а б л и ц а 10

з и м ы

Изменчивость сроков начала				Коэффициент корреляции $r \pm m_r$	Наименьшая достоверность коэффициента корреляции (в %)
самое раннее		самое позднее			
теоретически возможное $M-2\sigma$	фактически наблюдалось	теоретически возможное $M+2\sigma$	фактически наблюдалось		
8/X	11/X—39*)	10/XI	9/X—51	—	—
10/X	10/X—39**)	7/XI	6/XI—55	$0,86 \pm 0,05$	99,5
7/X	6/X—39	31/X	31/X—33	$0,20 \pm 0,27$	0
—	12/X—35	—	30/X—34	—	—
—	6/X—52	—	27/X—33	—	—

устойчивом снежном покрове, сходящем иногда еще на 1—3 дня на южных склонах.

Наступление послеосенья означает конец вегетации. Большей частью листопад у лиственных пород происходит несколько раньше, чем температурный перелом и голый лес — один из нагляднейших феноиндикаторов послеосенья. Как правило, конец листопада давал более значительную корреляцию с температурным критерием послеосенья, но последние 2 года — 1954 и 1955 — послеосенья наступало необычно рано — довольно устойчивый снежный покров лег уже в последнюю пятидневку сентября, в то время когда у деревьев еще только начинался листопад. При недостаточном числе лет наблюдений эти 2 года значительно снизили коэффициент корреляции — $0,62 \pm 15$ (с достоверностью 94 проц.).

В мире птиц наступление послеосенья характеризуется появлением зимующих птиц (чечетки, свиристели), прилетающих к нам на зиму из северных широт. Как уже указывалось выше, перелет птиц явление более широкого фронта, подчиненное сложным зависимостям, отсюда понятно, почему корреляция этого явления с температурным началом послеосенья у нас невелика и недостаточна.

Зима с 25 октября по 23 марта — время постоянного снежного покрова.

Повсеместно начало зимы датируется с залегания постоянного снежного покрова. Чтобы не нарушать единого принципа выделения фенологических периодов по ходу экстремальных температур, нам представлялось интересным выявить — какая температурная граница соответствует этому моменту.

Как видно из таблицы 10, залегание постоянного снежного покрова дает высокую и вполне достоверную корреляцию с переходом максимальных температур воздуха ниже -5° . Этот предел мы и принимаем как температурный критерий начала зимы.

Так как активная жизнь растений замирает с наступлением послеосенья, то наглядным феноиндикатором в этой области является только конец листопада лиственницы сибирской — единственной летнезеленой породы, которая еще не полностью сбросила листву к началу зимы. Совпадая по срокам с началом зимы, явление это, однако, не обнаруживает корреляции ни с температурным началом ($=0,20 \pm 0,27$), ни с залеганием снежного покрова ($=0,18 \pm 0,29$).

В мире животных, как уже говорилось в предыдущей статье, зимние явления начинаются собственно только с наступлением «холодной» зимы. Но такое характерное явление как перелинивание в зимний мех пушных зверей связано во времени с залеганием снежного покрова. Однако данных по линьке у нас еще слишком мало, чтобы можно было судить о наличии корреляции между этими явлениями.

ВЫВОДЫ

1. В результате обработки методом вариационной статистики метеорологических и фенологических данных для горно-таежной части заповедника «Столбы», выявлены определенные закономерности.

2. За период наблюдений с 1925 по 1955 гг. сроки начала всех фенологических времен года и характерных для них явлений, за очень редким исключением, укладывались в вариационный ряд равный среднему сроку $\pm$ удвоенное квадратичное отклонение ($M \pm 2\sigma$).

3. Так как принимается, что в указанную длину ряда укладывается около 95,5 проц. всех возможных случаев, то из 100 лет возможны только 4,5 года, когда фенологические времена года наступят раньше или позже сроков истекшего 30-летия.

4. Изменчивость в сроках начала фенологических времен года наименьшая для лета, закономерно возрастает как к весне, так и к осени:

снежная весна	11,2	полное лето	4,5
пестрая весна	10,4	золотая осень	6,3
голая весна	9,8	глубокая осень	8,4
зеленая весна	8,0	послеосень	8,8
раннее лето	4,8	начало зимы	8,0

5. Как правило, сезонные атмосферные явления (заморозки, иней, снег, снежный покров — его таяние и залегание), имея большую изменчивость, чем температуры, дают с ними очень высокую корреляцию.

6. Сезонные явления жизни растений, имея меньшую изменчивость, чем температуры, дают с ними высокую корреляцию весной и осенью и незначительную летом.

7. Сезонные явления в жизни птиц имеют, как правило, значительно меньшую изменчивость и, происходя в те же сроки, что и температурные переломы, не дают с ними надежной корреляции.

8. Каждый фенологический период, объективно определяемый ходом экстремальных температур, характеризуется и рядами явлений феноиндикаторов, показывающих определенную корреляцию с температурным началом периода.

9. Для предвесенья коррелятивная зависимость температурного начала и феноиндикаторов осталась невыясненной из-за недостаточного ряда наблюдений.

10. Температурное начало снежной весны — переход максимальных температур воздуха выше 0° — выражен очень четко. Надежным феноиндикатором ее начала служит появление первых проталын на южных и юго-западных склонах (коэффициент корреляции $=0,92 \pm 0,05$).

11. Для начала пестрой весны имеется полный ряд явлений феноиндикаторов, хорошо коррелирующий с ее температурным началом — массовое освобождение от снега склонов южных экспозиций ($0,79 \pm 0,09$), пробуждение муравьев и бабочек ($0,91 \pm 0,04$) и впадающих в зимний сон млекопитающих ($0,78 \pm 0,09$). По совокупности этих феноиндикаторов и следует выделять пеструю весну, так как температурное ее начало — переход максимальных температур воздуха выше 5° — несколько условно.

12. Температурное начало голой весны — переход минимальных температур воздуха выше 0° — выражено очень четко и хорошо коррелируется с многочисленными феноиндикаторами: освобождение от снега более $\frac{1}{2}$ поверхности ($0,70 \pm 0,10$), начало вегетации, пробуждение комаров ($0,87 \pm 0,07$), начало пролета ($0,66 \pm 0,13$) и прилета. Наиболее надежными из них являются начало сокодвижения у березы ($0,96 \pm 0,11$) и прилет белой трясогузки ($0,92 \pm 0,04$). Первая песня певчего дрозда должна быть исключена из числа феноиндикаторов.

13. Зеленая весна имеет четкое температурное начало — переход минимальных температур воздуха выше 5° , которое дает высокую корреляцию с многочисленными феноиндикаторами. Важнейшие из них — начало зеленения деревьев, кустарников и трав, ($0,87 \pm 0,07$). Наиболее удобны из них в виду «универсальности» — зеленение березы ($0,75 \pm 0,11$), черемухи ($0,79 \pm 0,09$) и черники ($0,84 \pm 0,09$), а также зацветание волчьего лыка ($0,86 \pm 0,07$). В сезонном ритме жизни птиц наиболее надежным феноиндикатором зеленой весны является первое воркование горлинки ($0,58 \pm 0,13$). Первое кукование служит феноиндикатором только в середине по началу весны. Прилет земляного дрозда следует исключить из числа феноиндикаторов.

14. Температурное начало раннего лета — переход минимальных температур воздуха выше 10° (с последующим понижением) — выражено довольно четко. Феноиндикаторы раннего лета многочисленны, но корреляция их с температурным началом снижена по сравнению с весной. Наиболее надежные феноиндикаторы в сезонном ритме жизни растений — смыкание полога листвы в лесу ($0,73 \pm 0,13$), начало цветения рябины ($0,64 \pm 0,16$), чины Гмелина ($0,73 \pm 0,14$) и пыления хвойных (сосны и пихты) $0,64 \pm 0,15$. Среди насекомых надежный феноиндикатор раннего лета — появление оводов ($0,81 \pm 0,08$). Ранне-летние явления в сезонном ритме жизни птиц — прилет последней волны, — хотя проходит в те же календарные сроки, что и температурное начало раннего лета, не дают с ним корреляции.

15. Полное лето является скорее фенологическим, нежели температурным периодом.

Феноиндикаторы его выражены очень четко. В сезонном ритме жизни растений полное лето определяется по началу цветения крупнотравья и черемши (*Allium victorialis*), знаменующему собой конец интенсивного роста, и по первым ягодам (жимолость).

В сезонном ритме жизни птиц полнолетние явления определяются затуханием песен и появлением слетков у дуплогнездных птиц. Но никакой корреляции с температурным началом полного лета феноиндикаторы не обнаруживают. Отчасти это объясняется условностью самой температурной границы между ранним и полным летом — окончательный переход минимальных температур воздуха выше 10° — отчасти потому, что такие температурные условия уже не являются ограничивающим фактором жизненных процессов.

16. Температурная граница золотой осени — переход минимальных температур воздуха ниже 10° (а иногда и 5°), выражена очень четко. Надежным феноиндикатором ее начала является начало осенней окраски леса ($0,91 \pm 0,04$). В сезонном ритме жизни птиц начало золотой осени определяется началом стаения, проходящего в те же календарные сроки, но не обнаруживающим корреляции с температурным началом.

17. Температурная граница глубокой осени — переход минимальных температур воздуха ниже 5° (а иногда и ниже), выражена очень четко и хорошо коррелируется с многочисленными феноиндикаторами. Наиболее надежные феноиндикаторы глубокой осени — первый снег или иней, или первый заморозок в будке (в совокупности корреляция $= 0,94 \pm 0,02$), начало осенней окраски лиственницы сибирской ($0,81 \pm 0,08$), начало пролета ($0,69 \pm 0,14$).

18. Температурная граница послеосенья — переход максимальных температур воздуха ниже 0° — выражена четко и хорошо коррелируется с феноиндикаторами. Надежные феноиндикаторы послеосенья — образование более или менее устойчивого снежного покрова ($0,71 \pm 0,09$), конец листопада лиственных пород ($0,62 \pm 0,15$). В сезонном ритме жизни птиц послеосенья определяется с появления зимующих птиц, проходящего в те же сроки, но со слабой и ненадежной корреляцией с температурой ($0,41 \pm 0,23$).

19. Наступление зимы определяется по залеганию постоянного снежного покрова, которое хорошо коррелируется с переходом максимальных температур воздуха ниже -5° ($0,86 \pm 0,05$). В сезонном ритме жизни растений начало зимы можно определить по концу листопада лиственницы сибирской, не дающем однако корреляции ни с установлением снежного покрова, ни с температурным критерием начала зимы. Феноиндикаторы начала зимы в сезонном ритме жизни животных нами не изучены.

20. Таким образом, корреляция феноиндикаторов с температурными критериями фенологических периодов высокая, ранней весной закономерно снижается, почти отсутствует полным летом и опять возрастает в осеннее время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батманов В. А. Биоклиматический календарь Свердловска. «Календарь природы СССР». Кн. 2, 1949.
2. Венцкевич Г. З. Сельскохозяйственная метеорология, 1952.

3. Батманов В. А. Календарь природы Свердловска и его окрестностей. Свердловск, 1952.
4. Галахов Н. Н. Климат Московской области. «Календарь природы СССР», 1, 1948.
5. Крутовская Е. А. и Буторина Т. Н. Сезонное развитие природы горной тайги. Тр. V научн. конференция Томского Гос. ун-та, 1957.
6. Поморский Ю. Л. Вариационная статистика. Ч. 1, 1930.
7. Рихтер Г. Д. Роль снежного покрова в физико-географ. процессе. Тр. ин-та географии, XI, 1948.
8. ШигOLEV А. А. Руководство для обработки фенологических наблюдений к составлению фенологических прогнозов. Гл. Упр. Гидрометслужбы, 1941.
9. ШигOLEV А. А. и Шиманюк А. П. Сезонное развитие природы, 1949.

М. Н. ШИРСКАЯ

МАТЕРИАЛЫ ПО ЕСТЕСТВЕННОМУ ВОЗОБНОВЛЕНИЮ КЕДРА СИБИРСКОГО В СРЕДНЕМ ГОРНОМ ПОЯСЕ ВОСТОЧНЫХ САЯН

ВВЕДЕНИЕ

Возобновление кедра на вырубках и гарях в горных лесах Восточной Сибири протекает неудовлетворительно (Конев Г. И. — 1952, Поварницын В. А. — 1944 и др., а также по нашим данным). Кедр возобновляется почти исключительно под пологом леса, преимущественно в мшистых насаждениях. Объясняется это тем, что кедровка (*Nucifraga caryocatactes macrognathos* Brehm), являющаяся основным распространителем семян кедра, избегает закладывать орехи среди густого травянистого покрова, обычного на гарях и вырубках. На это указывают Н. Реймерс, А. Смирнов (1953, 1956) и другие.

При разработке методов восстановления кедра весьма важно знание закономерностей естественного его возобновления, роста и развития в разных условиях среды. Особенно важно это для среднего горного пояса в лесах эксплуатационного значения, где кедр не составляет господствующей породы в насаждениях и вырубается на общих основаниях.

Обычные лесокультурные и лесохозяйственные мероприятия, как правило, в применении к кедру не дают должного эффекта. Это заставляет обратиться к более глубокому изучению закономерностей естественного возобновления кедра и его биологических особенностей. Лучший метод для этого — стационарные наблюдения.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КЕДРА НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА

Кедр, как типичная порода горной тайги, распространен в Восточных Саянах, главным образом, в верхнем поясе горных лесов,