

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНЫХ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ФЕНОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ КАВКАЗСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Ю.Н. Спасовский

При обсуждении новой Программы НИР заповедника в 2006 году, в рамках раздела «Фенологический мониторинг основных фитоценозов» для дальнейших исследований автором был предложен метод комплексных фенологических показателей В.А. Батманова (1952, 1967, 1972), дополненный и унифицированный М.К. Куприяновой (1982, 1995, 2000) и Е.Ю. Терентьевой (2001). Предлагалось, изучив основные положения метода, отработать его на уже заложенном фенологическом маршруте «Кордон Гузерипль – гора Тыбга» как возможно более эффективный метод в условиях северного макросклона заповедника, для дальнейшего фенологического мониторинга основных растительных сообществ.

В данной работе представлены результаты исследований, полученные за пять лет с 2006 по 2010 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основная работа проводилась на фенологическом маршруте «Кордон Гузерипль - гора Тыбга», проходящем по характерным фрагментам преобладающих ландшафтов Пшекиш-Бамбакского геоботанического района заповедника (Голгофская, 1967). Маршрут был заложен в 2001 году. Вдоль маршрута было заложено шесть учетных фенологических площадок (ФП), которые были пронумерованы по порядку (ФП - 1, 2, 3...), в соответствии с их удалением от начальной точки маршрута и высотным расположением (Спасовский, 2008). Главным критерием выделения учетной фенологической площадки являлась представленность большинства характерных видов фитоценоза. Размеры и расположение закладываемых фенологических площадок определялись по общей методике закладки фенологических площадей (Бейдеман, 1974), и методу долговременных пробных площадей при изучении биоразнообразия лесных экосистем (Dallmeier, 1992). В лесном поясе (ФП - 1, 2, 3, 4) размер закладываемых площадок определен в 20 x 20 м (400 кв.м), а в луговом (ФП - 5, 6) - 5 x 5 м (25 кв.м). На местности площадки были промаркированы: лесные - по периметру на угловых деревьях широкой красной полосой (масляной краской). Луговые площадки в углах были помечены окрашенными деревянными колышками высотой около 50 сантиметров. Расположение фенологических площадок зафиксировано с помощью системы GPS.

ФП-1 – Букняк среднетравно-ожиново-папоротниковый, 684 м над ур. м. (44°59' с.ш., 40°08' в.д.). Начало первого километра по дороге на хр. Пастбище Абаго. Подножие г. Филимоновой, вторая надпойменная

терраса р. Молчепы, в 100 м к северу от пилорамы кордона Гузерипись, Ю-З склон, около 2°. Почвы горно-лесные бурые слабонасыщенные (типичные) мощные среднесуглинистые слабо- и среднещербнистые (Горчарук, 1992). Данный подтип бурых лесных почв наиболее широко распространен на Западном Кавказе. Верхний горизонт (A_0) мощностью до 2 см, представлен сплошной рыхлой подстилкой из листьев, веток, буковых плюсок, в нижней части полуперегнившей. Для растительности данного фитоценоза характерна бедность видового состава – всего 8 видов высших растений. Характеристика древостоя: состав – 6Бк2Бк2ПК; сомкнутость – 0.9; класс возраста – IV; средняя высота – 31 м; средний диаметр ствола – 56 см; бонитет – I. Подрост – 10ПК, средняя высота – 3 м. Подлесок представлен отдельными кустами *Rhododendron pontica*. Травяной ярус в связи с высокой сомкнутостью древесного полога не образует сплошного покрова и представлен видами среднетравной морфологической группы (Голгофская, 1967), высотой 15-50 см: *Impatiens noli-tangere*, *Paris incompleta*, *Geranium robertianum*, *Dentaria quinquefolia*, *Polygonatum multiflorum*.

ФП-2 – Буко-пихтарник среднетравно-ожиново-папоротниковый, 1017 м над ур. м. (44°58'с.ш., 40°09'в.д.). Середина четвертого километра по дороге на хр. Пастбище Абаго. В 2-х метрах от дороги, на выположенной площадке, Ю-З склон, около 2°. Почвы горно-лесные бурые слабонасыщенные среднемощные среднесуглинистые среднещербнистые (Горчарук, 1992). Верхний горизонт (A_0) мощностью до 1 см, состоит преимущественно из хвои, веток, частично листьев, в нижней части прослеживается полуразложившаяся прошлогодняя подстилка. Характеристика древостоя: состав – 3ПК3ПК2Бк2Бк+ПК; сомкнутость – 0.9-1.0; класс возраста – VIII; средняя высота – 35 м; средний диаметр ствола – 68 см; бонитет – IA. Подрост – 10ПК, средняя высота – 4 м. Подлесок представлен отдельными кустами *Rhododendron ponticum*, *Sambucus nigra*. Состав травяного яруса довольно богат, однако он не образует сплошного покрова, а развивается лишь в условиях оптимальной освещенности, в «окнах» лесного полога, образуя характерные «островки». В составе яруса выделяются три подъяруса. Первый подъярус образуют заросли *Rubus caesius* и отдельные растения *Dryopteris filix-mas* и *Athyrium filix-femina*. В господствующем втором подъярусе травяного покрова представлены виды среднетравной морфологической группы: *Impatiens noli-tangere*, *Geranium robertianum*, *Paris incompleta*, *Festuca drymeja* и др. Третий подъярус образуют виды низкорослой морфологической группы (до 15 см высоты): *Oxalis acetosella*, *Viola odorata*, *V. reichenbachiana*, *Galium odoratum*.

ФП-3 – Буко-пихтарник среднетравно-овсянищевый, 1383 м над у. м. (43°58'с.ш., 40°10'в.д.). Конец шестого километра по дороге на хр. Пастбище Абаго. В 5-ти м выше по склону от дороги, Ю-В склон, около 30°. Почвы горно-лесные бурые слабонасыщенные маломощные среднесуглини-

стые сильнощербнистые (Горчарук, 1992). Верхний горизонт (A_0) мощностью до 1 см, состоит преимущественно из хвои, веток, частично листьев, в нижней части прослеживается полуразложившаяся прошлогодняя подстилка. Характеристика древостоя: состав I яруса – 10ПК; во II ярусе – 7ПКЗБк+Кл; сомкнутость – 0.7; класс возраста – VII; средняя высота – 28 м; средний диаметр ствола – 56 см; бонитет – II. Подрост – 8ПК2Бк+Кл, средняя высота – 2 м. Подлесок практически не выражен. В травяном покрове господствующее значение имеет *Festuca drymeja*, которая образует хорошо развитый сплошной покров. В нескольких понижениях сконцентрированы незначительные заросли *Rubus caesius*, спорадично разбросаны: *Geranium robertianum*, *Helleborus caucasicus*, *Polygonatum multiflorum*. Второй, слабо выраженный подъярус, образует мелко-травная группа: *Oxalis acetosella*, *Viola odorata*, *V. reichenbachiana*, *Galium odoratum*.

ФП-4 – Букняк саблевидный среднетравно-злаковый, 1783 м над ур. м. (43°56'с.ш., 40°12'в.д.). Конец одиннадцатого километра по дороге на хр. Пастбище Абаго, в 50 м к западу от домика «Лагерь Абаго», С-склон, около 10°. Почвы горно-лугово-лесные среднесплошные, среднесуглинистые, среднещербнистые (Горчарук, 1992). Лесная подстилка небольшой мощности (около 2 см) из листового опада, сплошного покрова не образует. Гумусовый горизонт хорошо выражен, темноокрашенный, мелкозернистый, имеет ясный переход в иллювиальный горизонт бурого цвета, комковато-зернистой структуры. Характеристика древостоя: состав 7Бк1Б1Клв1ПК+Р; сомкнутость – 0.8; класс возраста – VII; средняя высота – 25 м; средний диаметр ствола – 25 см; бонитет – V. Подрост – 8Бк1ПК1Клв, средняя высота – 1.5 м. Подлесок практически не выражен. Из кустарников отмечены единичные экземпляры *Daphne albobianca*, *Ribes biebersteinii*. В травяном покрове аспекттивную роль играют злаки: *Festuca drymeja* и *Milium schmidtianum*. Остальные виды лесного и субальпийского разнотравья имеют обилие sol-sp: *Rubus caesius*, *Aconitum orientale*, *Senecio propinquus*, *Polygonatum verticillatum*, *Euphorbia macroceras* и др.

ФП-5 – Разнотравно-пестроовсянищевый луг, 2050 м над ур. м. (43°53'71''с.ш., 40°16'50''в.д.). Второй отрог горы Тыбга, в 200 м от домика «Лагерь Туровый» по магистральной тропе на поляну Сенную. В 100 метрах к ЮВ от километрового столбика «21 км». Выположенный участок на седловине отрога. Почвы горно-луговые субальпийские многогумусные, среднесуглинистые на аспидных сланцах (Чумаченко, 2003). Мощность почвенного слоя 45 см. Задернение полное, дерн мощный, хорошо выражена характерная кочковатость. Травостой многоярусный (Алтухов, 1985). В первом ярусе (высота более 50 см) доминирует *Festuca varia*, проективное покрытие которой достигает от 70 до 100%. Вместе с ней в этом ярусе присутствуют: *Bistorta carnea*, *Iris sibirica*, *Epilobium montanum* и др. Второй ярус (30-45 см) составляют: *Anemonastrum fasciculatum*, *Chaerophyllum roseum*, *Ranunculus oreophilus*, *Gentiana septemphida* и др. Третий ярус (15-20 см) образован: *Gentiana*

biebersteinii, *Alchemilla caucasica* и др. Самый нижний, четвертый ярус (5-8 см) представлен: *Gentiana djimilensis*, *Viola caucasica*, *Crocus speciosus*, *C. scharojanii*.

ФП-6 – Разнотравно-приземистоовсянищевый луг, 2350 м над ур. м. (43°53'09'' с.ш., 40°16'36'' в.д.). На гребне второго отрога горы Тыбга, в 1.5 км от домика «Лагерь Туровый» вверх по отрогу. Выположенный участок на гребне отрога. Почвы горно-луговые альпийские многогумусные легкосуглинистые на аспидных сланцах (Чумаченко, 2003). Верхний горизонт (Ad) содержит много неразложившихся отмерших корней растений. Мощность почвенного слоя около 33 см. Травостой имеет высокое проективное покрытие, около 90%, и характерное трехъярусное строение (Алтухов, 1985). Первый ярус высотой 25-30 см образует *Festuca ovina*, *Ranunculus oreophilus*, *Pedicularis sibthorpii*. Второй ярус, высотой 10-25 см, образуют *Carex tristis*, *Anemonastrum speciosum*, *Primula amoena* и др. Третий ярус, высотой до 10 см, представлен *Gentiana djimilensis*, *Pedicularis nordmanniana*, *Viola oreades*.

Общее количество наблюдаемых растений на всех площадках составило 62 вида, полный перечень которых представлен в таблице 1.

Таблица 1
Общий перечень наблюдаемых видов на маршруте
«Кордон Гузерипль – гора Тыбга»

	Наблюдаемые виды	Номер и высота площадок над ур. м., м					
		ФП-1 684	ФП-2 1017	ФП-3 1383	ФП-4 1783	ФП-5 2050	ФП-6 2350
1	<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach.	+	+	+	+		
2	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.			+			
3	<i>Acer trautvetteri</i> Medw.				+		
4	<i>Aconitum orientale</i> Mill.				Sp		
5	<i>Alchemilla caucasica</i> Bus.					Cop ₁	Cop ₂
6	<i>Anemonastrum fasciculatum</i> (L.) Holub					Cop ₁	
7	<i>Anemonastrum speciosum</i> (Adams ex G.Pritz.) Galushko						Cop ₁
8	<i>Betula litwinowii</i> Doluch.				+		
9	<i>Bistorta carnea</i> (C.Koch) Kom.					Cop ₁	
10	<i>Campanula biebersteiniana</i> Schult.						Sp
11	<i>Carex tristis</i> Bieb.						Cop ₂
12	<i>Chaerophyllum roseum</i> Bieb.					Sol	
13	<i>Crocus scharojanii</i> Rupr.					Sp	

14	<i>Crocus speciosus</i> Bieb.					Sp	
15	<i>Daphne alboviana</i> Woronow ex Pobed.				+		
16	<i>Dentaria bulbifera</i> L.		Sp			Sp	
17	<i>Dentaria quinquefolia</i> Bieb.	Cop ₁	Cop ₁	Cop ₁			
18	<i>Epilobium montanum</i> L.						Sp
19	<i>Euphorbia macroceras</i> Fisch. et C.A. Mey.					Sol	
20	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	+	+	+	+		
21	<i>Festuca ovina</i> L.						Soc
22	<i>Festuca drymeja</i> Mert. et Koch		Cop ₂	Soc		Soc	
23	<i>Festuca woronowii</i> Hack.						Soc
24	<i>Fritillaria lutea</i> Mill.					Sp	
25	<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.		Cop ₁	Cop ₁		Sp	
26	<i>Galium verum</i> L.					Sol	
27	<i>Gentiana bieberscheini</i> Bunge						Sol
28	<i>Gentiana djimilensis</i> C. Koch					Sol	Sol
29	<i>Gentiana septemphida</i> Pall.					Sol	
30	<i>Geranium robertianum</i> L.	Sp	Sp	Sp		Sp	
31	<i>Helleborus caucasicus</i> A.Br.		Sp	Sp			
32	<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	Sp	Sp				
33	<i>Iris sibirica</i> L.						Sol
34	<i>Milium schmidtianum</i> C. Koch					Cop ₂	
35	<i>Myosotis alpestris</i> F.W. Schmidt						Sol
36	<i>Myosotis sylvatica</i> Ehrh. ex Hoffm.					Sol	
37	<i>Oxalis acetosella</i> L.		Cop ₁	Sop ₁			
38	<i>Pachyphragma macrophyllum</i> (Hoffm.) N. Busch		Cop ₁				
39	<i>Paris incompleta</i> Bieb.	Sol	Sol				
40	<i>Pedicularis nordmanniana</i> Bunge						Sol
41	<i>Pedicularis sibthorpii</i> Boiss.						Sol
42	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	Sol	Sol	Sol			
43	<i>Polygonatum verticillatum</i> (L.) All.					Sol	
44	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeusch.						Cop ₁
45	<i>Primula amoena</i> Bieb.						Sol
46	<i>Pulsatilla aurea</i> (Somm. et Lever) Juz.					Sol	

47	<i>Ranunculus oreophilus</i> Bieb.					Sp	Sp
48	<i>Rhododendron caucasicum</i> Pall.					+	+
49	<i>Rhododendron ponticum</i> L.	+	+				
50	<i>Ribes biebersteinii</i> Berl. ex DC.					+	
51	<i>Rubus caesius</i> L.			Sol	Sp	Sp	
52	<i>Sambucus nigra</i> L.			+			
53	<i>Scabiosa caucasica</i> Bieb.					Sol	
54	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.					Sol	
55	<i>Senecio propinquus</i> Schischk.					Sol	
56	<i>Sorbus aucuparia</i> L.					+	
57	<i>Stachys macrantha</i> (C. Koch) Jalas					Sp	
58	<i>Veronica gentianoides</i> Vahl					Sp	
59	<i>Viola caucasica</i> Kolenati					Sol	
60	<i>Viola odorata</i> L.				Sol		
61	<i>Viola oreades</i> Bieb.						Sp
62	<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau			Sol			

При разработке своего метода В.А. Батманов исходил из того, что в растениях одновременно протекает множество процессов, в том числе и в сезонном развитии, происходящих в значительной мере независимо друг от друга. Следовательно, фенологические показатели одного из этих процессов могут давать информацию о развитии растения, несколько отличную от фенологических показателей другого. Поэтому при выборе наблюдаемых сезонных процессов определяющим условием является наличие в схеме развития процесса прямого и последовательного ряда интервалов, или фенологических фаз. Общий ход развития сезонного процесса должен быть, по возможности, максимально подробным и универсальным, то есть подходить для любого вида наблюдаемых растений. Опираясь на это, В.А. Батманов весь вегетационный период растений разделил на два основных сезонных процесса (цикла): *генеративный*, включающий в себя развитие генеративных органов и производство потомства. И *вегетативный* – сезонные изменения ассимиляционного аппарата растения. Разделение этих циклов как раз отвечает требованию последовательности и универсальности. Поскольку одни виды начинают свое развитие весной с появления листьев, а у других – цветение опережает разворачивание листьев (ольха, осина, мать-и-мачеха и др.). Не у всех видов генеративный цикл заканчивается раньше вегетативного, например, у рябины, яблони опадение плодов и семян продолжается всю осень и даже зимой и весной следующего года.

Для оценки каждого сезонного процесса нами был взят за основу т.н. «*фенологический стандарт*», предложенный Е.Ю. Терентьевой (2001).

Он представляет собой ряд последовательно сменяющих друг друга фенологических фаз, составленных отдельно для каждого сезонного цикла. Каждой фенофазе присвоен цифровой балл и буквенное обозначение. Вегетативный цикл феностандарта состоит из девяти фенофаз, а генеративный – из десяти (табл. 2).

Безусловно, такой фенологический стандарт не отражает сезонное развитие всех систематических групп растений, но в нашем случае все наблюдаемые виды вполне вписались в выбранные параметры стандарта.

Наблюдения на маршруте проводились т.н. «*первичным описательным методом*» (Батманов, 1967, 1972; Куприянова и др., 1995, 2000), суть которого в том, что при прохождении маршрута регистрировалось фенологическое состояние (фенофаза) каждого вида растения (учетной единицы) на учетной площадке в момент посещения (в определенную дату).

Таблица 2
Фенологический стандарт растений

Вегетативный цикл - развитие ассимиляционного аппарата		
Балл стандарта	Обозначение фенофазы	Название фенофазы
0	0	Зимний покой
1	н.п.	Набухание почек
2	пр. п	Проклевывание почек
3	р. л.	Рост листа
4	м. л.	Молодой лист
5	з. л.	Зрелый лист (летняя вегетация)
6	н. о.	Начало окрашивания (отмирания) - < 50%
7	от.	Интенсивное окрашивание (отмирание) - > 50 %
8	п. о.	Полное отмирание (опадение листьев)
Генеративный цикл – развитие генеративных органов		
0	0	Покой
1	б1	Слабо дифференцированные бутоны
2	б2	Активная бутонизация (окрашенные бутоны)
3	ц1	Зацветание
4	ц2	Активное цветение
5	отц	Отцветание
6	п1	Завязывание плодов и семян
7	п2	Поспевание плодов и семян
8	обс	Обсеменение
9	п. г	Постгенеративная фаза

Основное преимущество данного метода перед обычным методом «*регистратора срока*» (Батманов, 1967, 1972) в том, что каждое прохождение маршрута и осмотр фитоценозов давало некий законченный результат наблюдений, который фиксировался на специальном бланке. По данным

Е.Ю. Терентьевой (2001), посещения площадок с периодом 7-10 дней оказывают вполне достаточными, в нашем случае посещение площадок проводилось в среднем один раз в 15-20 дней.

Процесс наступления той или иной фенологической фазы у разных видов подчинен закону нормального распределения (Кирильцева, Харин и др., 1985, 1993) и характеризуется кумулятивной кривой, интерквартильная область которой – 25-75%, соответственно является наиболее информативной ее частью. Поэтому за феномежу мы принимали либо 25% от общего количества растений одного вида, вступивших в фенофазу, либо 25% – проективного покрытия вида. Это позволяло в определенной мере избежать влияния индивидуальной изменчивости на результаты наблюдения.

Таблица 3

Бланк регистрации результатов полевых наблюдений в букняке среднетравно-ожиново-папоротниковом (ФП-1) – 06.07.2006 г.

Вегетативный цикл										
Дата: 06.07.2006	0	1 н.п.	2 пр.п.	3 р.л.	4 м.л.	5 з.л.	6 н.о.	7 от.	8 п.о.	
<i>Fagus orientalis</i>						+				
<i>Abies nordmanniana</i>						+				
<i>Rhododendron ponticum</i>					+					
<i>Impatiens noli-tangere</i>						+				
<i>Paris incompleta</i>						+				
<i>Geranium robertianum</i>						+				
<i>Dentaria quinquefolia</i>									+	
<i>Polygonatum multiflorum</i>						+				
СФХ %	0	0	0	0	12,5	75,0	0	0	12,5	
Kf	Завершение молодого листа									4,9

Генеративный цикл

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	б1	б2	ц1	ц2	от	п1	п2	об	пг	
<i>Fagus orientalis</i>							+			
<i>Abies nordmanniana</i>							+			
<i>Rhododendron ponticum</i>						+				
<i>Impatiens noli-tangere</i>									+	
<i>Paris incompleta</i>	+									
<i>Geranium robertianum</i>				+						
<i>Dentaria quinquefolia</i>									+	
<i>Polygonatum multiflorum</i>			+							
СФХ %	0	12,5	0	12,5	12,5	0	12,5	25,0	0	25,0
Kf	Конец массового цветения									4,7

Результатом каждого посещения феноплощадки был информационный бланк о фенологическом состоянии видов фитоценоза, в котором общее количество отметок (+) основных фенофаз равно количеству видов фитоценоза (табл. 3). Полученная сумма таких отметок по каждой фенофазе (столбику бланка) переводилась в проценты от общего количества наблюдаемых видов данного фитоценоза. Это процентное соотношение видов растений, находящихся в определённой фенофазе на день обследования, и есть по В.А. Батманову – «суммированная фенологическая характеристика» (СФХ) данного фитоценоза, которая характеризует фенологическое состояние фитоценоза в день наблюдений.

В.А. Батманов считал, что суммированные фенологические характеристики вполне отражают характер сезонного развития растительности изучаемых фитоценозов. Впоследствии Е.Ю. Терентьева (1996, 1997, 2000) предложила целесообразным для каждой СФХ еще вычислять т.н. – «средний фенологический коэффициент» (Kf), который представляет собой средний взвешенный балл фенологического состояния фитоценоза равный сумме баллов фенофаз каждого вида отнесенной к числу вегетирующих видов фитоценоза. Сопоставление среднего взвешенного балла с рядом фенофаз стандарта позволяет судить о состоянии сезонного развития фитоценоза в целом по изучаемому процессу на

день исследования. Например, 6 июля 2006 года Kf вегетативного цикла на ФП-1 был равен 4.9 балла, т.е. букняк среднетравно-ожиново-папоротниковый в день наблюдения находится в состоянии завершения молодого листа (начале летней вегетации) и одновременно – в фазе окончания массового цветения, поскольку Kf генеративного цикла этого фитоценоза составил 4.7 балла.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований за период с 2006 по 2010 гг. получены многолетние ряды суммированных фенологических характеристик для шести фитоценозов, составляющих основные ландшафтные пояса северного макросклона заповедника. Используя значения среднего фенологического коэффициента как максимально «сконцентрированные» показатели фенологического состояния фитоценозов в целом, мы вычислили среднепериодные значения коэффициента (Kf_{ср.}) для каждого фитоценоза, дополнив их стандартным отклонением (табл. 4).

Динамика нарастания среднего фенологического коэффициента во времени, как видно из значений Kf_{ср.} в таблице 4, отражает ход сезонных изменений в фитоценозах, который взаимосвязан в первую очередь с температурными условиями. Выявление корреляции Kf_{ср.} вегетативного и генеративного циклов наблюдаемых фитоценозов со среднепериодными показателями минимальной (min t) и максимальной (max t) температуры воздуха показало их тесную взаимозависимость.

Таблица 4

Средние фенологические коэффициенты (Kf_{ср.}) фитоценозов маршрута «Гузерибль – гора Тыбга» за 2006 – 2010 гг.

	вегетативный цикл													
	даты наблюдений													
	26.2	9.3	22.3	17.4	30.4	19.5	7.6	22.6	7.7	29.7	21.8	27.9	15.10	
ФП-1														
Kf _{ср.}	1,0	1,5	1,7	2,5	2,8	3,5	4,1	4,8	5,1	5,2	5,3	5,8	6,1	
Ст.откл.	0,8	0,9	1,0	0,4	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	
ФП-2														
Kf _{ср.}	0,0	1,0	1,1	2,2	2,7	3,5	4,1	4,6	4,9	5,1	5,3	5,8	6,2	
Ст.откл.	0,6	0,7	0,7	0,6	0,8	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4	
ФП-3														
Kf _{ср.}	0,0	0,0	1,0	1,7	2,3	3,1	3,6	4,2	4,6	4,8	5,1	5,7	6,4	
Ст.откл.	0,4	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,3	0,1	0,3	0,6	
ФП-4														
Kf _{ср.}	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,8	2,9	3,9	4,5	4,9	5,2	6,2	7,3	
Ст.откл.	0,0	0,0	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	

<u>ФП-5</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5	2,5	3,6	4,2	4,8	5,3	6,3	7,6
Ст.откл.	0,0	0,0	0,5	0,7	0,8	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,4	0,5
<u>ФП-6</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,2	4,2	4,8	5,6	6,7	7,7
Ст.откл.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	0,7	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
генеративный цикл													
<u>ФП-1</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	1,6	2,4	3,5	4,5	5,5	6,1	6,5	7,0	7,8	8,4
Ст.откл.	0,0	0,0	0,9	1,1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,5	0,4	0,2
<u>ФП-2</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	2,0	2,8	3,5	4,7	5,7	6,4	7,0	7,6	8,1	8,6
Ст.откл.	0,0	0,0	0,0	1,3	1,0	0,9	0,6	0,7	0,9	0,6	0,4	0,4	0,1
<u>ФП-3</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	1,4	2,2	3,3	4,3	5,5	6,3	6,9	7,6	8,2	8,8
Ст.откл.	0,0	0,0	0,6	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	1,0	0,7	0,6	0,4	0,2
<u>ФП-4</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,3	4,4	5,0	6,0	7,0	8,0	8,9
Ст.откл.	0,0	0,0	0,6	0,8	1,1	1,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
<u>ФП-5</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,2	3,6	4,2	5,0	6,0	7,6	8,6
Ст.откл.	0,0	0,0	0,5	0,7	0,8	1,0	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2
<u>ФП-6</u>													
Кфср.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	3,4	4,7	6,4	8,0	9,1
Ст.откл.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3

Очень тесную прямую зависимость с коэффициентом корреляции $r = 0.74-0.84$ показало взаимодействие между Кфср. вегетативного цикла и минимальной температурой воздуха (табл. 5). Это подтверждает выводы Т.Н. Буториной и Е.А. Крутовской (1958) о том, что в развитии сезонных процессов наибольшее влияние имеют минимальные температуры воздуха, которые определяют пороговые значения начала и развития большинства фенологических фаз у растений. Тесную прямую зависимость ($r = 0.67-0.80$), показал и анализ динамики Кфср. генеративного цикла с минимальной температурой воздуха.

Слабая зависимость между Кфср. генеративного цикла и минимальными температурами воздуха в альпийском поясе (ФП-6) объясняется, скорее всего, сложным синергичным характером взаимодействия температуры и влагообеспеченности в условиях высокогорий.

Среднепериодные значения Кф позволяют оценивать погодичную феноизменчивость наблюдаемых фитоценозов посредством вычисления их феноаномалий (F) – разницы между Кфср. и показателями Кф в разные годы наблюдений, например, в сезоне 2011 года (табл. 6).

Таблица 5
Корреляция К_{фср.} феноплощадок со среднепериодными min t и max t воздуха
(по МС «Гузерипись» и «Джуга» за 2006 – 2010 гг.)

	вегетативный цикл													r
	даты наблюдений													
	26.2	9.3	22.3	17.4	30.4	19.5	7.6	22.6	7.7	29.7	21.8	27.9	15.10	
ФП-1														
К _{фср.}	1,0	1,5	1,7	2,5	2,8	3,5	4,1	4,8	5,1	5,2	5,3	5,8	6,1	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,84
max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,71
ФП-2														
К _{фср.}	0,0	1,0	1,1	2,2	2,7	3,5	4,1	4,6	4,9	5,1	5,3	5,8	6,2	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,84
max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,71
ФП-3														
К _{фср.}	0,0	0,0	1,0	1,7	2,3	3,1	3,6	4,2	4,6	4,8	5,1	5,7	6,4	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,80
max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,68
ФП-4														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,8	2,9	3,9	4,5	4,9	5,2	6,2	7,3	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,78
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,75
ФП-5														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5	2,5	3,6	4,2	4,8	5,3	6,3	7,6	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,74
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,70
ФП-6														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	3,2	4,2	4,8	5,6	6,7	7,7	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,66
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,61
	генеративный цикл													
ФП-1														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	1,6	2,4	3,5	4,5	5,5	6,1	6,5	7,0	7,8	8,4	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,80
max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,68
ФП-2														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	2,0	2,8	3,5	4,7	5,7	6,4	7,0	7,6	8,1	8,6	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,80
max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,69
ФП-3														
К _{фср.}	0,0	0,0	0,0	1,4	2,2	3,3	4,3	5,5	6,3	6,9	7,6	8,2	8,8	
min. t	-5,4	0,2	0,1	2,3	4,3	7,8	11,3	12,6	13,9	14,9	12,7	9,5	5,5	0,79

max. t	10,0	12,6	14,7	15,8	15,3	22,0	22,2	25,1	21,6	28,4	28,9	23,1	14,0	0,68
ФП-4														
Kfcp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	3,3	4,4	5,0	6,0	7,0	8,0	8,9	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,74
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,69
ФП-5														
Kfcp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,2	3,6	4,2	5,0	6,0	7,6	8,6	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,67
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,63
ФП-6														
Kfcp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	3,4	4,7	6,4	8,0	9,1	
min. t	-6,4	-1,9	-3,6	-2,1	-0,4	5,1	7,7	8,8	8,3	9,6	9,1	5,4	4,4	0,54
max. t	-1,2	3,4	1,5	4,2	5,2	12,4	13,8	15,5	14,5	14,9	14,5	10,4	10,3	0,49

Таблица 6
Феноаномалии фитоценозов маршрута «Гузерибль – гора Тыбга»
в сезоне 2011 года

	вегетативный цикл													
	даты наблюдений													
	26.2	9.3	22.3	17.4	30.4	19.5	7.6	22.6	7.7	29.7	21.8	27.9	15.10	
ФП-1														
<i>F</i>														
2011	1,0	0,5	0,2	0,5	0,0	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	-0,2	0,2	0,1	
ФП-2														
<i>F</i>														
2011	0,0	1,0	0,1	0,7	0,2	0,5	0,6	0,1	-0,1	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	
ФП-3														
<i>F</i>														
2011	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,1	0,3	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,5	-0,2	-0,1	
ФП-4														
<i>F</i>														
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7	-0,4	0,2	0,1	0,1	-0,1	-0,9	-0,5	0,1	
ФП-5														
<i>F</i>														
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-0,7	-0,3	-0,2	-0,1	-0,4	-1,4	-1,1	0,0	
ФП-6														
<i>F</i>														
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,5	-2,0	-1,1	-0,4	0,1	-0,1	-1,1	-0,8	0,0	
	генеративный цикл													
ФП-1														
<i>F</i>														
2011	0,0	0,0	-1,0	-0,1	-0,5	-0,1	0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-1,0	-0,9	-0,3	
ФП-2														

F_{2011}	0,0	0,0	-1,0	0,3	-0,2	-0,1	0,5	0,2	0,3	0,3	-0,4	-0,6	-0,1
ФП-3													
F_{2011}	0,0	0,0	-1,0	-0,2	-0,6	0,0	0,4	0,4	0,6	0,5	-0,5	-0,7	-0,1
ФП-4													
F_{2011}	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,7	-1,2	0,5	0,5	0,6	0,4	-0,7	-0,9	0,0
ФП-5													
F_{2011}	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,3	-0,7	0,0	0,5	0,7	0,4	-1,2	-0,8	0,0
ФП-6													
F_{2011}	0,0	0,0	0,0	0,0	-1,1	-1,5	-1,8	0,0	0,5	0,3	-1,1	-0,9	0,1

Положительные значения F показывают депрессивный ход сезонного развития фитоценозов, или их запаздывание по отношению к среднепериодным нормам, отрицательные значения F – наоборот, означают экспрессивное развитие сезонных процессов, т.е. опережение по сравнению их со значениями $K_{\text{ср}}$.

Динамика значений F вегетативного цикла показала, что сезонное развитие лесных фитоценозов весной 2011 года (табл. 6), носило депрессивный характер, отставая от нормы максимум на один балл ($F=1,0$). Летом и осенью вегетативное развитие в лесном поясе протекало экспрессивно с опережением своих многолетних сроков почти на один балл ($F=-0,9$). В высокогорье на субальпийских и альпийских лугах вегетативный цикл отличался экспрессивным развитием практически на протяжении всего сезона вегетации, особенно в альпийском поясе – с опережением в 2 балла ($F=-2,0$).

Значения феноаномалий генеративного цикла в весенний период оказались отрицательными во всех фитоценозах, что показывает экспрессивный характер развития репродуктивных фаз во всех ландшафтах. Наибольшее опережение многолетних сроков наблюдалось в альпийском поясе ($F=-1,8$). Летом генеративный цикл протекал в пределах нормы практически во всех фитоценозах, за исключением предгорных широколиственных лесов, где наблюдалось незначительное опережение среднепериодных норм ($F=-0,3$). С началом осени в динамике генеративных фаз вновь наметилось экспрессивное развитие с наибольшим опережением среднесезонных сроков в субальпике ($F=-1,2$).

ВЫВОДЫ

Проведенные с 2006 по 2010 гг. наблюдения показали, что метод комплексных фенологических показателей (Батманова) наиболее приемлем для осуществления поставленных целей фенологического мониторинга в условиях Кавказского заповедника, поскольку его отличает относительная простота сбора и обработки информации, которая позволяет использовать данные как одно-

кратных, так и постоянных наблюдений. Метод позволяет сравнивать полученные результаты наблюдений, даже в случае сильно отличающихся по видовому составу фитоценозов, поскольку мы оцениваем комплексные фенологические характеристики, а не фенологическое состояние каждого вида в отдельности.

Показатель среднего фенологического коэффициента учитывает фенологическое состояние всех видов растений данного фитоценоза и, выражаясь по каждому процессу всего одним числом, соответственно поддается математической обработке. Однонаправленность показателей дает возможность отслеживать тенденции фенологических изменений растительного сообщества во времени и пространстве (определять экологическую и погодичную изменчивость сезонных процессов) и при многолетних наблюдениях проводить статистический анализ, что, несомненно, является более конкретным отражением результатов фенологического мониторинга фитоценозов.

По итогам пяти лет наблюдений получен ряд фенологических параметров, подкрепленных климатическими данными, который позволяет на данный момент использовать их как среднепериодную норму при осуществлении дальнейшего фенологического мониторинга на северном макросклоне заповедника. А также возможен анализ собранных данных внутри какой-либо феноплощадки, через дифференцирование видов на качественно отличные группы в зависимости от целей исследования (по жизненным формам, по феноритмам, по ярусности и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА:

Алтухов М.Д. Растительный покров высокогорий Северо-Западного Кавказа, его рациональное использование и охрана: Дис. ... док. биол. наук: 03.00.05/Адыг. гос. пед. институт.– Майкоп, 1985.-400 с.

Батманов В.А. Календарь природы Свердловска и его окрестностей – Свердловск, Свердл.обл. гос. изд., 1952 - 98с.

Батманов В.А. К методике осенних фенологических наблюдений за окрашиванием листвы и листопадом // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1 - Иркутск, Сибирское книжное изд., 1967 - с. 122 - 128.

Батманов В.А. Заметки по теории фенологических наблюдений // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1 - Иркутск, Сибирское книжное изд., 1967 - с. 7 - 30.

Батманов В.А. Об использовании вариационной статистики в фенологических исследованиях // Вопросы фенологического картирования – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1972 - с 90 - 96

Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. - Новосибирск: Наука, 1974. - 154 с.

Буторина Т.Н., Крутовская Е.А. Корреляция некоторых феноиндикаторов с температурой //Труды гос. зап.-ка. «Столбы». - Вып. 2. - Красноярск, 1958. - С. 10-32.

Голгофская К.Ю. К подробно геоботаническому районированию Кавказского заповедника.//Труды КГЗ. - Вып.9. - М., 1967. - С. 119 - 157

Горчарук Л.Г. Горно-лесные почвы Западного Кавказа. Депонированная рукопись. - ВНИИТЭНагропром. - М., 1992. - 234 с.

- Куприянова М.К. Научное наследие В.А. Батманова - Изв. РГО., 1995. Т. 127, вып. 1 -с.14- 23.
- Куприянова М.К., Щенникова З.К. Использование описательных методов для изучения сезонной динамики горных природных комплексов // Сезонная ритмика природы горных областей - Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 - с. 55 - 57.
- Куприянова М.К., Новоженев Ю.И., Щенникова З.Г. Фенологические наблюдения во внеклассной работе – Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000 - 244 с.
- Спасовский Ю.Н. Фенологический мониторинг основных фитоценозов Кавказского заповедника.//Труды КГПБЗ. - Вып. 18. - Майкоп. ООО «Качество», 2008. - С. 246 - 268.
- Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. - ботаника / Уральский. гос. пед. университет. - Екатеринбург, 2001. - 177 с.
- Харин Н.Г., Кирильцева А.А. Математическое моделирование фенологических процессов.// Экология. - 1985. - № 5. - С.3-7.
- Харин Н.Г., Кирильцева А.А., Грингоф И.Г. Сезонные явления природы: Методы фенологических наблюдений. - С.- Пб.: Гидрометеониздат, 1993. - 136 с.
- Чумаченко Ю.А. Горно-луговые почвы Кавказского заповедника.//Труды КГПБЗ: 80 лет Кавказскому заповеднику - путь от Великокняжеской охоты до Всемирного природного наследия. Юбилейный. - Вып. 17. - Сочи: Проспект, 2003. - С. 122 - 146.
- Dallmeier F. (Ed.) Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11, UNESCO, Paris, 1992. 72 P.