

УДК 551.506.8 (075.8)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНОЙ ПОЛОСЫ СРЕДНЕГО УРАЛА

© Н.В. Скок, О.В. Янцер, Ю.Р. Иванова

*Ключевые слова:* фенология; фенологические методы; сезонное развитие ландшафтов.

В статье рассмотрены вопросы методики и возможностей применения количественных фенологических методов (описательный интегральный и метод комплексных фенологических показателей) в условиях низкогорий Среднего Урала для выявления особенностей сезонного развития ландшафтов.

На современном этапе развития ландшафтоведения актуальным является вопрос о накоплении характерных количественных показателей, которые могли бы быть использованы для оценки степени однородности природных компонентов внутри ландшафтного геокомплекса (ЛГК). Такими показателями являются фенологические. Однако их значение в ландшафтоведении до сих пор недооценивается. Фенологические показатели важны для оценки состояния геокомплексов (ГК), а также являются показателем динамики ландшафтных геокомплексов (ЛГК).

При описании геокомплексов необходимо давать и их фенологическую характеристику, т. к. через нее полнее раскрываются их важнейшие особенности и основные взаимосвязи их компонентов. Используя фенологические методы, мы можем без применения сложной аппаратуры получить количественные характеристики состояния растительности в геокомплексах. Для такого уровня ландшафтных исследований лучше всего подходят нестационарные методы, разработанные В.А. Батмановым [1]: описательные первичный и интегральный и метод комплексных фенологических показателей (КФП). Они просты в применении и позволяют даже при однократном посещении участка наблюдений получить законченный результат [2]. Являясь комплексными индикаторами условий среды, фенологические показатели могут служить иллюстрацией различий между изучаемыми низшими геокомплексами, а также могут помочь в уточнении границ между ними.

Для Урала известен ряд работ, в которых показаны возможности описательного интегрального метода и метода КФП [2–5].

Цель статьи – показать возможности использования описательного интегрального метода и метода КФП для характеристики ЛГК среднего ранга на примере горной полосы Среднего Урала.

Попытка выявить фенологические различия между ландшафтными районами Среднего Урала, используя данные фенологической сети, существовавшей здесь в 20–50-е гг. XX в., не дала ожидаемых результатов, т. к. пункты, где проводились наблюдения, располагались только в межгорных депрессиях. Поэтому в 1982–1984 гг. при помощи описательного интегрального метода были проведены фенологические наблюдения

на всех местоположениях по линии ландшафтного профиля, с запада на восток пересекающего горную полосу Среднего Урала [6]. Физико-географическое районирование и описание района исследования были проведены В.И. Прокаевым в 1976 г. [7]. Изучаемая территория расположена в пределах Уральской равнинно-горной страны, в ее широколиственно-хвойнотаежной подзоне, Восточно-Русском умеренно-континентальном и западносибирском подсекторе. Она входит в состав шести ландшафтных районов: Уфимско-Чусовской депрессии, Бардымского низкогорно-хребтового, Коноваловско-Уфалейского низкогорно-хребтового, Ревдинского низкогорно-кряжевого и Уфалейско-Верхнечусовской депрессии.

Весной для обнаружения фенологических различий между ландшафтными районами территории мы использовали наиболее яркое и типичное фитофено явление этого времени года – зеленение березы. Наблюдения проводились в течение 2000–2013 гг. во второй половине весны. Амплитуда наступления весеннего комплекса феноявлений гораздо более значительна, чем осеннего, т. к. теснее связана с погодными условиями. Поэтому весенние наблюдения в меньшей степени, чем летние или осенние привязаны к календарным датам.

Изучался процесс облиствения таких древесных пород, как береза бородавчатая и береза пушистая. В процессе подсчетов их видовые особенности не учитывались. Березы пушистая и бородавчатая при совместном произрастании мало отличаются друг от друга по срокам наступления фенофаз [8].

Во время подсчетов в полевых условиях деревья без листвы обозначались баллом 0, со слабой или частичной зеленой дымкой – 1, с четкой равномерной дымкой – 2, с развернувшейся листвой, образующей сомкнутую ярко-зеленую крону – 3.

Исследования велись следующим образом. По линии ландшафтного профиля через определенные расстояния (около 1 км) производился подсчет деревьев согласно вышеприведенным баллам, причем выборка особей не должна была выходить за пределы одной фации. Подсчет к горам велся в нижней, средней, верхней частях склона и на вершинах гор.

Достаточно хорошим показателем для сравнения ЛГК между собой являются средние эканомалии

ландшафтных районов. Под эканомалией В.А. Батманов понимает отклонение срока наступления сезонного явления на данной фации от какой-то величины, принятой для изучаемой территории за нуль. В конкретном случае это были отклонения дат подсчета учетных единиц, перешедших выбранную межу на каждой фации, от дат наступления этих процентов в среднем по территории. Причем опережение по отношению к средней дате обозначается знаком минус, а запаздывание – знаком плюс.

Несмотря на то, что наблюдения за облиственением березы проводились по нескольким межам, для анализа полученных различий обычно выбирают межу, которая располагается ближе к середине данного процесса, т. е. в этом случае меньше глазомерная ошибка наблюдения. Лучшей считается та межа, по которой проценты учетных единиц, перешедших ее, лежат в пределах интерквартильной области (25–75 %). В нашем случае это третья межа. Это наиболее типичная часть кривой нормального распределения, объединяющая наиболее типичные особи.

В целом, данные, полученные в 2000–2013 гг. (табл. 1), совпадают с результатами, полученными в 80-х годах XX в. Раньше всего, с опережением в среднем на 1,2 суток, происходит зеленение березы в Уфалейско-Верхнечусовской депрессии, и с опережением на 0,7 суток в восточном ландшафтном районе горной полосы – Ревдинском низкогорно-кряжевом. Весна наступает здесь раньше и проходит в более сжатые сроки. Этому способствует адвекция теплого воздуха с юга, меньшая облачность и менее мощный снежный покров. Таяние снега в светлых сосновых лесах в восточной части горной полосы и восточных предгорьях происходит быстрее, в отличие от запада и от центра горной полосы, покрытых темнохвойными лесами.

Для западных окраинных районов горной полосы характерно опережение средней даты зеленения березы по территории в целом. Для Бардымского района оно незначительно и близко к нулю (0,4 суток), а для Уфимско-Чусовской депрессии опережение составляет 1,1 суток. Эта депрессия более широкая, чем Ревдинская, расположена на западной окраине горной полосы, и по ней весной в меридиональном направлении перемещаются теплые воздушные массы. Зеленение березы в центральной части горной полосы наступает на 2–3 суток позже, чем в предгорьях и окраинных районах горной полосы и проходит значительно медленнее. Аналогичные результаты были получены Т.И. Кузне-

цовой и нами для северной части горной полосы Среднего Урала [3, 5].

В самом высоком районе – Коноваловско-Уфалейском – наблюдается запаздывание зеленения на одни сутки, что связано с понижением температуры воздуха с высотой. В последнюю очередь с отставанием на двое суток зеленеют березы в Ревдинской депрессии. Эта задержка обусловлена температурными инверсиями, которые характерны для межгорных слобопроветриваемых понижений, а также значительную роль играет сильное переувлажнение почв.

В целом, различия в сроках зеленения березы между ландшафтными районами невелики. Максимальные отклонения за весь период наблюдений были отмечены в 2002 г. и составляли: наибольшее отрицательное отклонение –5,6 суток, а положительное +8,7 суток. Следовательно, максимально возможная разница между районами составляет 14,3 суток, что несколько меньше аналогичного показателя осеннего сезона.

В целом различия в сроках зеленения березы между ландшафтными районами невелики. По средним многолетним показателям наиболее отрицательные отклонения –1,2 суток, а положительные +1,9 суток. Максимальная возможная разница между районами составляет 3,1 суток, что близко к аналогичному показателю, полученному в 1980-х гг. В целом, эканомалии районов имеют небольшие значения. Это связано с тем, что внутри районов мы учитываем разные местоположения, за счет чего и происходит нивелировка данных.

В 2010–2012 гг. в середине мая проводились наблюдения методом комплексных фенологических показателей, который относится к первичным описательным методам. Для наблюдений выбрано 9 площадок, занимающих плакоробразное положение в пределах склонов южной части горной полосы Среднего Урала по маршруту: правое междуречье р. Серги – Митькина гора – г. Шунут – Ревдинская депрессия – Азов-гора. При работе данным методом определяется фенологическое состояние вегетативных и генеративных органов каждого вида растений сообщества путем оценки его особенностей относительно стандартов фенофаз на день исследования. Сезонные изменения развития растительности оцениваются отдельно по каждому циклу соответственно стандартам [2], представляющим собой ряд последовательно сменяющих друг друга фенофаз. Каждой фенофазе присвоен свой цифровой балл (см. табл. 2, 3).

Таблица 1

Эканомалии по третьей меже зеленения березы в ландшафтных районах горной полосы юга Среднего Урала

Год наблюдения	Эканомалии ландшафтных районов, сутки						Экстремальная разница между районами, сутки
	Уфимско-Чусовская депрессия	Бардымский низкогорно-хребтовый	Коноваловско-Уфалейский низкогорно-хребтовый	Ревдинская депрессия	Ревдинский низкогорно-кряжевый	Уфалейско-Верхнечусовская депрессия	
Среднее за 3 года с 1982 по 1984	+0,7 ± 1,0	-0,3 ± 1,1	+0,4 ± 0,7	+1,2 ± 0,6	+2,0 ± 0,5	–	3,2
Среднее за 12 лет с 2000 по 2013	-1,1 ± 0,4	-0,4 ± 0,6	+1,0 ± 0,6	+1,9 ± 0,5	-0,7 ± 0,4	-1,2 ± 0,7	3,1

Таблица 2

## Фенологический стандарт вегетативного цикла развития растений

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)

Таблица 3

## Фенологический стандарт генеративного цикла развития растений

Балл стандарта	Обозначение фенофазы	Название фенофазы
0	0	Покой
1	б1	Появление слабо дифференцированных бутонов
2	б2	Активная бутонизация (окрашенный бутон)
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

Итогом наблюдений является балльная оценка состояния каждого вида сообщества.

Обработка полевых материалов однократного посещения фации заключается в подсчете комплексных фенологических показателей ЛГК для обоих процессов. Для этого подсчитывается количество видов, наблюдаемых в каждой фенофазе, затем определяется, какой процент они составляют от общего числа просмотренных. Соотношение этих показателей – суммированная фенологическая характеристика (СФХ) рас-

тительности сообщества, характеризующая фенологическое состояние ГК в день наблюдений. Для каждой СФХ вычисляется средний фенологический коэффициент –  $K_f$ , представляющий собой дополненный значением средней квадратической ошибки –  $m$ . Средний фенологический коэффициент – это фенологическая характеристика, учитывающая фенологическое состояние всех видов растений фитоценоза, но выраженная по каждому процессу всего одним числом (табл. 4). Сопоставление среднего взвешенного фенологического балла с рядом фенофаз стандарта позволяет судить о состоянии сезонного развития растительности геокомплекса в целом по изучаемому процессу на день исследования. Процентное соотношение учетных единиц в разных фазах может быть отражено в виде столбиковых диаграмм. Для выявления закономерностей сезонного развития производится расчет средних многолетних баллов.

При анализе средних коэффициентов вегетативного развития для ландшафтных районов южной части горной полосы Среднего Урала выявлено, что различия составляют от 0,1 до 0,3 балла. В целом, состояние всей растительности соответствует фазе «рост листа». Незначительная разница в разворачивании ассимиляционного аппарата связана со сроками наблюдения: к середине мая на Среднем Урале у большинства видов наступает зеленение. Генеративное развитие растительности в ландшафтных геокомплексах происходит, в отличие от вегетации, различными темпами: в депрессиях наблюдается максимальное опережение по сравнению с низкогорно-кряжевым и низкогорно-хребтовым районами. Вероятно, это обусловлено особенностями размещения и конфигурации районов. Максимально быстро весеннее развитие происходит в меридионально вытянутой Уфимско-Чусовской депрессии. Она расположена в «барьерной тени» от Сабарской возвышенности, получает меньшее количество осадков. Кроме того, она сложена трещиноватыми известняками, что увеличивает сухость и повышает температуру почв. Вегетация и генеративное развитие растительности в центральной части горной полосы – в Коноваловско-Уфалейском районе – протекает медленнее, что связано с воздействием высотно-поисного фактора.

Охарактеризованные в данной статье количественные фенологические методы не требуют систематического посещения участков, поэтому могут быть рекомендованы для использования в экспедициях. Они могут применяться как при однократных, так и при постоянных наблюдениях в условиях низкогорий и среднегорий, т. к. дают возможность отслеживать тенденции фенологических изменений растительных сообществ во времени и пространстве.

Таблица 4

## Средние коэффициенты весеннего развития растительности в 2010–2012 гг. в южной части горной полосы Среднего Урала

Цикл развития растений	Уфимско-Чусовская депрессия	Бардымский низкогорно-хребтовый	Коноваловско-Уфалейский низкогорно-хребтовый	Ревдинская депрессия	Ревдинский низкогорно-кряжевый
Вегетативный	3,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1
Генеративный	1,9 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,5 ± 0,3	1,7 ± 0,4	1,4 ± 0,4

ЛИТЕРАТУРА

1. *Батманов В.А.* Интегральный и экометрический методы фенологического наблюдения: доклады фенологического сектора. Л., 1966.
2. *Янцер О.В., Терентьева Е.Ю.* Общая фенология и методы фенологических исследований: учеб. пособие для студентов геогр.-биол. фак-та. Екатеринбург, 2013. 218 с.
3. *Кузнецова Т.И.* Различия ландшафтных округов Среднего Урала по осеннему окрашиванию листьев березы в 1970 г.: вопросы физической и экономической географии. Свердловск, 1971.
4. *Куприянова М.К.* Методика фенологических наблюдений при проложении ландшафтных профилей // Физико-географическое районирование и ландшафтное картографирование Урала. Свердловск, 1983.
5. *Скок Н.В.* Сезонное развитие березы в ландшафтных районах Среднего Урала // Географические исследования на Урале и проблемы методики обучения географии. Екатеринбург, 2009.
6. *Скок Н.В.* Осенние фенологические различия между ландшафтными районами южной части гор Среднего Урала // Ландшафтные исследования на Урале. Свердловск, 1985.
7. *Прокоев В.И.* Физико-географическое районирование Свердловской области. Свердловск, 1971.

8. *Хомченко С.И.* Фенологическое картографирование при комплексном изучении ландшафтов // Доклады института географии Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1968.

Поступила в редакцию 24 июля 2014 г.

Skok N.V., Yantser O.V., Ivanova Y.R. USE OF QUANTITATIVE PHENOLOGICAL METHODS FOR CHARACTERISTIC OF MOUNTAIN STRIP OF CENTRAL URAL MOUNTAINS

In article questions of a technique and opportunities of application of quantitative phenological methods (descriptive integrated and a method of complex phenological indicators) in the conditions of nizkogoriya of Central Ural Mountains for detection of features of seasonal development of landscapes are considered.

*Key words:* phenology; phenological methods; seasonal development of landscapes.

Скок Наталия Васильевна, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и методики географического образования, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru

Skok Natalia Vasilyevna, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russian Federation, Candidate of Geography, Associate Professor of Geography and Technique of Geographical Education Department, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru

Янцер Оксана Васильевна, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и методики географического образования, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru

Yantser Oksana Vasilyevna, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russian Federation, Candidate of Geography, Associate Professor of Geography and Technique of Geographical Education Department, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru

Иванова Юлия Руслановна, Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, студентка географо-биологического факультета, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru

Ivanova Yulia Ruslanovna, Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russian Federation, Student of Geographical Faculty, e-mail: ksenia\_yantser@bk.ru