

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ ЛАНДШАФТОВ: ОБЩИЙ ОБЗОР

© О. В. Янцер*, Н. В. Скок

*Уральский государственный педагогический университет
Россия, 620017 г. Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26.*

Тел./факс: +7 (343) 235 76 18.

*Email: ksenia_yantser@bk.ru

В статье представлен обзор методик фенологических исследований для характеристики сезонной динамики ландшафтных районов, высотных поясов и низших ландшафтных геокомплексов в низкогорных и среднегорных районах России. Приведены результаты многолетних авторских ландшафтно-фенологических исследований на Среднем и Северном Урале. Показаны возможности применения первичных и интегральных фенологических методов, имеющих разную степень точности, трудоемкости, разработанности и апробации. Даны общие рекомендации по выбору методов наблюдений в зависимости от наличия ряда условий: наличия учетных единиц, характера их распространения и доступности для наблюдателя, возможности проведения наблюдений в удобные или заранее определенные сроки.

Ключевые слова: методика фенологических исследований, количественные фенологические методы, высотный пояс, высотно-поясной фактор, соларно-экспозиционный фактор, ба-
рьерно-экспозиционный фактор, сезонная динамика ландшафтов.

Введение

Географические процессы в ландшафтах умеренного пояса характеризуются сезонной ритмичностью. По мнению А. Г. Исаченко [1], изучение сезонной динамики ландшафта приобретает особую важность для познания его структуры. Поэтому характеристику сезонной динамики ландшафтов следует считать обязательной частью физико-географической характеристики ландшафтных геокомплексов (ГК) всех рангов, так как через нее полнее раскрываются важнейшие структурные особенности ландшафтов и основные взаимосвязи их компонентов. С. В. Калесник [2], А. Г. Исаченко [1] и Г. Э. Шульц [3] полагают, что фенологию следует рассматривать в качестве географической дисциплины, как учение о сезонной динамике ландшафтов. Большое внимание уделял фенологическим наблюдениям В. Б. Сочава [4], который полагал, что структура ГК неразрывно связана с его динамикой. Ф. Н. Мильков [5] утверждал, что описание ландшафта будет некомплексным без выявления его биоклиматических особенностей и включал «фенологию ландшафта» в программу полевого изучения ландшафтного района. Познание динамики ландшафта как интегрального процесса, охватывающего все подчиненные локальные геосистемы, и как важного аспекта его пространственно-временной организованности – сложная и еще нерешенная задача [1].

Для более полной и качественной характеристики геокомплексов необходимы современные подходы, которые учитывали бы в полной мере их сезонное развитие. Одним из основных способов изучения сезонной динамики ландшафтов служат фенологические наблюдения. Они позволяют отслеживать изменения фитокомпонента, развитие кото-

рого характеризует климатические условия и индицирует сезонные изменения всего геокомплекса. В географических исследованиях важна не только оценка состояния отдельного геокомплекса, но и возможность сравнения сезонного развития различных по видовому составу природных комплексов. Для этого необходимо при проведении наблюдений использовать точные фенологические методы, дающие количественные показатели.

До настоящего времени главным источником информации о низших ландшафтных геокомплексах служили результаты полевой ландшафтной съемки. При структурно-динамическом подходе к их изучению на первый план выступают стационарные ландшафтные исследования, которые, согласно С. В. Калеснику [2], позволяют собрать данные для углубленного анализа ландшафта, в том числе и показатели его сезонной динамики. Работ с использованием фенологических методов мало, так как многие ландшафтоведы скептически относятся к их применению. Результаты фенологических наблюдений ранее применялись в фитоценологии, тесно связанной с ландшафтоведением, например, для уточнения границ фитоценозов [6]. Непосредственно в ландшафтоведении эти наблюдения использовались не только в текстовой физико-географической характеристике, но и для физико-географического районирования территории [7, 8], поскольку ландшафтный геокомплекс любого ранга имеет свойственный только ему ход сезонного развития.

История применения фенологических методов в ландшафтоведении

Подробный анализ истории изучения динамики природных комплексов, проведенный И. И. Мамай

показал, что многие авторы в первую очередь исследовали сезонную динамику на уровне низших ландшафтных геоконплексов – фаций [9]. Проведение наблюдений в фациях объясняется ее основными свойствами: неизменные человеком коренные и слабо измененные фации практически однородны по комплексу природных компонентов; фация не выходит за пределы наименьшей геолого-геоморфологической и микроклиматической единицы, одной почвенной разности, одного фитоценоза и зооценоза [10]. Фации наименее устойчивы к внешним воздействиям и наименее долговечны по сравнению с ландшафтом в целом и в них сезонные изменения всех компонентов проявляются более четко [1]. Методика полевых исследований фаций предусматривает подробное описание растительности, что создает определенную базу для полноценных фенологических наблюдений за всеми видами растений в геоконплексе. В полустационарных и экспедиционных наблюдениях исследования проводятся в ГК более высокого ранга, таких как высотные пояса и ландшафтные районы.

Большинство фенологов в своих исследованиях используют первичный метод регистраторов срока или классический метод [11], заключающийся в определении даты наступления феноявления в данном месте и требующий ежедневных посещений участка. Его применение целесообразно при наблюдениях за небольшим числом объектов, расположенных вблизи местожительства наблюдателя, следовательно он пригоден только для стационарных исследований, что не всегда возможно в условиях низкогорий и среднегорий. Поэтому, наряду с традиционным, необходимо внедрять математические методы, дающие количественные показатели, характеризующие фенологическое состояние растительности всего геоконплекса при проведении экспедиционных маршрутных исследований. Проведем обзор методик фенологических наблюдений, применявшихся разными исследователями в предгорных и горных районах.

Критический обзор эффективности методов

В течение последних десятилетий на Урале развивается оригинальное направление в методике фенологических наблюдений. Создателем его является известный русский ученый В. А. Батманов. Предлагаемые им методы математически обоснованы, применимы во время маршрутных исследований и могут дать полноценные количественные показатели сезонного развития объектов. Поэтому в ландшафтоведении наметилась тенденция внедрения и использования новых точных фенологических методов для характеристики геоконплексов. В качестве примеров можно привести работы Т. Н. Буториной, Л. П. Крутовской, В. А. Молокова, В. И. Поляковой

в Красноярском крае [12], Н. Г. Харина [13] в пустынях Средней Азии, Ю. С. Лынова в Тянь-Шане [14], Э. В. Фриша в Березинском и Дарвинском заповедниках [15, 16], Т. И. Кузнецовой [17], М. К. Куприяновой [18], Н. В. Скок [8, 19], Н. В. Беляевой [20], Е. Ю. Терентьевой [21,22] на Среднем Урале, О. В. Янцер на Северном Урале [23].

Согласно классификации В. А. Батманова [11], можно выделить три элемента наблюдений: времени, места и фенологического состояния объекта. В процессе наблюдения значение какого-то одного элемента определяется, а значения других задаются заранее. В зависимости от того, значение какого элемента или показателя элемента определяется, фенометоды делятся на четыре группы. Если определяется значение элемента времени, то исследование относится к группе методов регистраторов срока; если значение временного показателя фенологического состояния объекта, то – к группе описательных методов; если значение вещественного показателя фенологического состояния объекта, то – к группе индикаторов урожайности; если значение элемента места, то – к группе экометрических методов. По форме отчета В. А. Батманов делил методы на два класса: первичные и интегральные. Первичные методы регистрируют значение определяемого элемента, как правило, без указания меры его типичности, т. е. дают качественную оценку. Интегральные методы дают возможность оценить величину размаха значений определяемого элемента и при этом получить результат определенной и желаемой точности. Результаты, полученные этими методами, хорошо поддаются математической обработке [23]. Рассмотрим основные характеристики и возможности применения количественных фенологических методов.

Методы описательной группы имеют основное преимущество перед традиционным методом, состоящее в том, что каждое посещение объекта дает законченный результат [18, 24]. К группе описательных методов, наиболее известных и применяемых в районах с пересеченным рельефом, относится описательный интегральный метод [14, 17, 19, 23, 27]. При его помощи характеризуется временной показателем фенологического состояния объекта при заданных значениях элементов времени и места. При работе данным методом проводится оценка фенологического состояния объекта путем подсчета учетных единиц перешедших межу. Учетная единица – здоровая, без механических повреждений особь или часть особи (побег, цветок). Межа – конкретное сезонное явление, выбранное для наблюдения в определенный день, точка в сезонном развитии учетной единицы (например, менее 50% листьев в кроне березы пожелтело, поспели плоды у 50% индивидов).

В пределах одной фации во избежание влияния индивидуальной изменчивости признака обычно наблюдается не менее 100 учетных единиц. Состояние каждой единицы оценивается баллом, затем производится подсчет количества единиц с определенным баллом и вычисляется, какой процент они составляют от общего числа просмотренных. Далее вычисляются ошибки наблюдений для выявления достоверности различий в сезонном развитии выбранного объекта в ландшафтных геокомплексах и вычисляется показатель существенности разницы [23]. Проценты учетных единиц – величины, неудобные для сопоставления, т.к. их нарастание происходит с разной скоростью в течение всего сезонного процесса. Кроме того, наблюдения на разных участках могут быть проведены в разные дни и сравнение полученных показателей в этом случае нельзя проводить без введения каких-либо поправок, что довольно трудоемко и увеличивает ошибки наблюдений. Последующая обработка сводится к переводу процентов в удобные для сравнения единицы – сутки. Для изучения динамики развития процесса наблюдения проводятся повторно, что дает возможность для каждого из объектов по определенной меже построить эталоны развития, а также высчитать для каждой фации отклонения в сутках – экоаномалии.

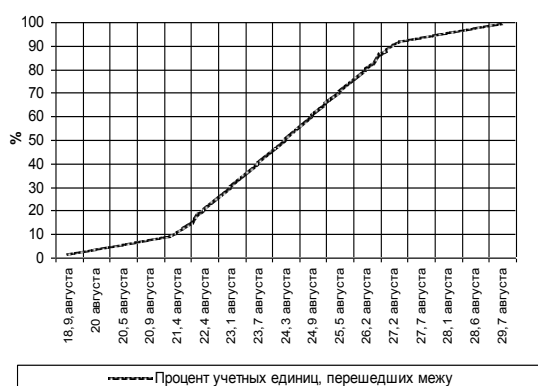


Рис. 1. Эталон развития межи «в кроне пожелтело менее 10% листьев» у березы, август 2004 г., среднегорья Северного Урала.

Описательный интегральный метод использовался для выявления влияния различных географических факторов на сезонное развитие отдельных видов растений в различных районах России и территории СССР. Так, например, изучением влияния абсолютной высоты на развитие сезонных явлений занимались Ф. П. Айрапетян [28], Л. П. Крутовская [12], Ю. С. Лынов [14], Т. И. Кузнецова [17], Г. Э. Шульц [3], А. Д. Думикян [27, 29], М. К. Куприянова [18], Н. В. Скок [19], Н. В. Беляева [20], О. В. Янцер [23, 24, 27]. Все исследователи отмечали в своих работах, что с увеличением абсолютной высоты про-

исходит запаздывание в сезонном развитии отдельных видов растений, разных жизненных форм и сокращение периода вегетации. На Северном Урале установлено запаздывание развития черники, голубики и купальницы европейской с увеличением абсолютной высоты в горно-таежном поясе в конце весны – начале лета и более быстрое протекание генеративного процесса у майника двулистного, седмичника европейского и герани лесной в горно-таежном поясе по сравнению с подгольцовым [23, 27].

Данный метод применялся также для выявления барьерного воздействия хребтов на протекание сезонной динамики растительности. Т. И. Кузнецова [17, 26] обращала внимание на различия в весеннем и осеннем развитии березы пушистой на склонах западной и восточной экспозиции в центральной части горной полосы Среднего Урала. Н. В. Скок [8, 19] в низкогорной полосе Среднего Урала на хребтах, расположенных субмеридионально, выявила опережение в зеленении и запаздывание в пожелтении листьев березы на склонах восточной экспозиции по сравнению с западными. На аналогично расположенных хребтах Северного Урала, Главном Уральском хребте, массиве Денежкин камень, исследованиями О. В. Янцер [23, 27] выявлено, что весной на западном склоне Желтой сопки, отроге Денежкина камня, развитие березы происходит быстрее, чем на восточных склонах Главного Уральского хребта.

Важную роль в сезонной динамике играет солнечная экспозиция склонов. Рядом исследователей отмечается опережение развития растительности на южных склонах по сравнению со склонами других экспозиций: Т. Н. Буториной в заповеднике «Столбы» [12], Е. Ю. Терентьевой в предгорьях Среднего Урала [21, 22], О. В. Янцер [30] и Н. В. Скок в горах Северного Урала [31]. Широкая география применения интегрального описательного метода связана с тем, что он не требует систематического посещения участка для получения окончательного отчета, и поэтому пригоден во время экспедиционных исследований.

К группе описательных методов относится новый точный метод комплексных (суммированных) фенологических характеристик [24]. Метод был детально разработан Е. Ю. Терентьевой в 1997–2000 и впервые был апробирован ей в восточных предгорьях Среднего Урала, а также О. В. Янцер и Н. В. Скок в 2001–2005 гг. в среднегорьях Северного Урала [21, 22, 23, 27, 30, 31]. При работе методом комплексных фенологических характеристик регистрируется фенологическое состояние объекта на территории в определенную дату. Посещения объектов через 7–8 дней весной и в начале лета и через 7–14 дней в конце лета и осенью наиболее достаточны.

При наблюдении методом комплексных фенологических характеристик на территории геокомплекса определяется фенологическое состояние каждого вида сообщества путем оценки его учетных единиц соответственно стандартам. Наблюдения проводятся на постоянных учетных площадках, их размер и форма зависят от рельефа местности, от характера растительного сообщества, комплексности растительного покрова и других условий. Главными критериями выделения учетной фенологической площади (ФП) в исследованиях являются, во-первых, размещение в пределах одной фации, во-вторых – представленность всех видов сообщества.

Для каждого процесса развития растений – генеративного и вегетативного, Е. Ю. Терентьевой составлен свой феностандарт, представляющий собой ряд последовательно сменяющихся друг друга фенофаз [21, 22]. Каждой фенофазе присвоен цифровой балл. Для вегетативного цикла феностандарт состоит из восьми фенофаз, а для генеративного – из девяти. Результаты наблюдений регистрируются в бланке обследования. Итогом полевых наблюдений является балльная оценка состояния каждого вида. Обработка по каждому отдельному процессу ведется независимо. Количество видов, наблюдаемых в определенной фенофазе, переводится в относительные показатели – в процент видов растений, находящихся в этой фазе на день обследования. Соотношение этих показателей и есть, по В. А. Батманову, суммированная фенологическая характеристика растительности сообщества (СФХ). Она отражает фенологическое состояние фации в день наблюдений. Для каждой СФХ вычисляется средний фенологический коэффициент \bar{K} , представляющий собой средний балл фенологического состояния фитоценоза, дополненный значением средней квадратической ошибки – m [24]. Средний фенологический балл – это фенологическая характеристика, учитывающая фенологическое состояние всех видов растений фитоценоза, но выраженная по каждому процессу всего одним числом. Графически процентное соотношение видов наглядно отражается столбчатой диаграммой, у которой сектор соответствует проценту видов, находящихся в определенной фенофазе. Для каждого процесса развития (генеративного и вегетативного) характерно свое процентное соотношение видов и своя диаграмма (рис. 2).

В случае, если задачей исследования является выявление особенностей протекания сезонной динамики, через несколько дней возможно повторное обследование участка, показывающее, насколько изменилось его сезонное состояние за прошедшее между наблюдениями время. В этом случае кроме СФХ и \bar{K} данные о фенологическом развитии расти-

тельности можно дополнить показателями «фенологической скорости». Доли баллов переводятся в сутки. При необходимости повторное обследование геокомплекса можно проводить на следующий год при условии, что наблюдения проводятся в одну и ту же дату. Такие исследования покажут погодичную разницу в сезонном развитии фитоценоза на этот день. Даже такое разовое посещение феноплощади ежегодно позволит вычислить погодичное феноотклонение сезонного развития сообщества, выраженное в баллах стандарта: $f = \bar{K}_1 - \bar{K}_2$. Например, вегетативное развитие растительности горно-таежного пояса 8 июня в 2013 г ($\bar{K}_v = 3,3$) протекает раньше по сравнению с 2012 г ($\bar{K}_v = 2,2$), $f(2012-2013 \text{ гг}) = 1.1$ балла. При вычислении f возможно определить степень достоверности полученных различий [24]. В данном примере разница доказана с вероятностью 95%.



Рис. 2. Комплексные фенологические характеристики (КФП) генеративного цикла развития растительности в ельнике зеленомошно-черничниковом (7 ФП) 21.08.2013 г.

Обработку материалов исследований и анализ комплексных фенологических показателей можно проводить в разных направлениях: если велись наблюдения за несколькими процессами, можно провести сопоставления между ними (сроки, компактность и т.д.). Комплексные фенологические показатели нескольких ФП позволят оценить экологическую изменчивость сезонных процессов и вычислить экофеноаномалии.

Метод был применен для выявления различий в сезонном развитии растительности высотных поясов, влияния солярной и ветровой экспозиций. Фенологические наблюдения проводились в периоды с 2001 по 2005, 2009–2013 гг. по постоянному маршруту длиной около 50 км, пересекающему среднюю часть среднегорной полосы Северного Урала в пределах двух ландшафтных макрорайонов таежной области Уральской равнинно-горной страны. Профили прокладывались с севера на юг через массив Денежкин Камень, а также с запада на восток через его отроги и Главный Уральский хребет [27]. Феномарш-

рут пересекал все высотные пояса. В результате исследования выявлено, что в условиях таежных среднегорий Северного Урала проявлением влияния высотно-поясного фактора на сезонную динамику растительности ЛГК служит запаздывание весеннего развития растительности. Максимальные различия в весенней динамике развития растительности подгольцового пояса, по сравнению с горно-таежным, наблюдаются во второй декаде мая, в горно-тундровом поясе, по сравнению с горно-таежным, в конце мая – первых числах июня, сразу после схода снежного покрова. Максимальные скорости развития наблюдаются весной. В середине лета выявлено запаздывание вегетации растений подгольцового пояса по сравнению с горно-таежным и горно-тундровым поясами. Различия в развитии K_T горно-таежного и подгольцового поясов летом находятся в пределах случайных отклонений. Осенью в связи с сокращением длины светового дня, с понижением температуры и появлением заморозков на почве генеративное и вегетативное развитие растительности горно-тундрового пояса протекает быстрее и заканчивается раньше, чем в подгольцовом и горно-таежном поясах. Математически доказано, что комплексные фенологические показатели ЛГК (суммированная фенологическая характеристика и средний фенологический коэффициент), полученные при многократных фенологических исследованиях, объективно и достоверно характеризуют динамику сезонных изменений изучаемой территории. Применение метода комплексных фенологических характеристик мы рекомендуем для выявления закономерностей и сравнения протекания сезонной динамики высотных поясов и в геокомплексах с различными экологическими условиями [32].

Методы группы индикаторов урожайности характеризуют вещественный показатель фенологического состояния объекта в данный день на обследуемой территории. Они наиболее практически освоены [18, 20, 23, 31]. Объектами наблюдений могут быть компоненты живой природы и их морфометрические показатели – длина крыла бабочек, величина кладок яиц, высота стебля и длина листа травянистого растения, так и неживой – глубина промерзания и оттаивания почвы, высота снежного покрова, температура почвы на одной глубине и т.п. Показатели характеризуются средней арифметической величиной (\bar{M}), мерой ее изменчивости (средним квадратическим отклонением « σ »), средней ошибкой средней арифметической (m) и коэффициентом вариации (V), выраженным в процентах [18, 24]. При сравнении результатов наблюдений на различных участках достоверность различий обосновывается математически, при 95% пороге вероятности. При-

мером применения данного метода служат результаты наблюдений за высотой снежного покрова, проведенных в среднегорьях Северного Урала по маршруту Главный Уральский хребет – Желтая сопка в 2002–2004 гг. О. В. Янцер и Н. В. Скок [33]. Здесь сильно выражено барьерное влияние Главного Уральского хребта и массива Денежкин Камень, поперечно расположенных по отношению к преобладающему западному переносу воздушных масс. В подгольцовом поясе восточного склона ГУХ наблюдалась большая высота снега, связанная размещением его верхней части в зоне дефляции из горно-тундрового пояса, и задерживающей ролью древесно-кустарниковой растительности на границе леса. Кроме того, в подгольцовом поясе выявлено увеличение мощности снега по сравнению с горно-таежным. Аналогичное нарастание мощности снежного покрова с увеличением абсолютной высоты отмечается рядом авторов [34, 35]. Важным показателем, делающим сравнимой величину изменчивости различных единиц, является коэффициент вариации [24]. Он характеризует отношение среднего квадратического отклонения к своей средней арифметической, выраженное в процентах. Коэффициент вариации высоты снега (V) в наших исследованиях колеблется от 1.7% до 13.3% , что соответствует низкому уровню изменчивости признака, а потому мы можем рекомендовать показатель высоты снежного покрова к использованию в ландшафтно-фенологических исследованиях. Интегральный метод индикаторов урожайности обладает достаточно высокой степенью точности, однако требует тщательного выбора сравнимых параметров изучаемых объектов для обоснования различий в сезонной динамике ландшафтных ГК.

Сущность методов экометрической группы заключается в определении значения элемента места при заданных значениях времени и фенологического состояния объекта. Исследователь выявляет, где на данное число объект находится в определенном фенологическом состоянии. Практически территория разбивается на зоны с разным фенологическим состоянием объекта [11]. Экометрический интегральный метод, как очень трудоемкий, до настоящего времени не применялся в исследованиях. При работе первичным экометрическим методом основная задача элементарного наблюдения заключается в нахождении точки x , лежащей на предельной линии, разграничивающей точки с различным фенологическим состоянием объекта. Допустим, что исследование проведено в двух точках. В одной из них объект находится в фенологическом состоянии a , а в другой – в состоянии b . На прямой, соединяющей точки a и b , мы должны найти точку x , которая относится к линии, разбивающей террито-

рию на зоны с различным фенологическим состоянием объекта (в нашем примере на зону точек *a* и зону точек *б*). Не имея информации о том, что располагается между *a* и *б*, мы допустим наименьшую из возможных максимальных ошибок, если предположим, что искомая точка *x* лежит в середине интервала *ab* [24]. Чем меньше расстояние между точками обследования, тем точнее наблюдение. Результат одного элементарного наблюдения не позволяет разделить территорию на зоны с различным фенологическим состоянием объекта. Для зонирования необходима система элементарных наблюдений, которая осуществляется путем проведения экометрических съемок. Они могут быть сплошными и маршрутными. Сплошные съемки возможны только при равномерном распространении объекта. Объектами для сплошных съемок могут быть снег, почва, растения. Точки обследования располагаются в геометрическом порядке на одинаковом расстоянии друг от друга. Маршрутные съемки проводятся при неравномерном распространении объекта по территории, но в достаточном количестве. Расположение точек обследования обуславливается выбранным маршрутом и встречаемостью объекта. Точкой при экометрических съемках может быть и целый участок, если наблюдения во время съемки проводятся интегральными методами (описательным и индикаторов урожайности), т. е. под ней подразумевается та площадь, с которой взят один отсчет фенологического состояния изучаемого объекта.

В полевых условиях промеры высоты снега определяются снегомерной рейкой. Расстояние между участниками съемки, как и между промерными линиями во время проведения исследования рекомендуется соблюдать в пределах 5–10 м. Фактический материал в поле наносится на абрис. Здесь же отмечаются наличие выходов горных пород, особенности микрорельефа и растительности (кустарники, кустарнички) и т.п. В камеральных условиях устанавливается максимальная амплитуда показателей, т.е. оценивается цифровой разброс результатов промеров. Для разбивки территории на зоны выбираются значения изолиний, кратными 10 или 5 для удобства обработки и анализа. Предполагается, что высота снега от точки к точке изменяется равномерно, поэтому проведение изолиний, соединяющих точки с одинаковой высотой снежного покрова, осуществляется методом интерполяции. Изолиниями территория разбивается на зоны с разной высотой снежного покрова. Последним этапом обработки результатов съемки является составление шкалы высоты снега и раскраска или штриховка карты в соответствии с ней. Завершается оформление схемы подписью основных элементов компоновки.

Экометрический первичный метод был также использован для составления крупномасштабной карты пожелтения березы в Серпентинитовых горах в 1982 году, выполненной на основании маршрутной экометрической съемки Скок Н. В.. Результатом съемки явилась карта «Пожелтение березы в Серпентинитовых горах в 1982 г.», изображенная на *рис. 3*. Методика заключалась в нанесении на картооснову процента пожелтения берез, перешедших третью между каждой фации по намеченному маршруту в день съемки. В камеральных условиях проведены изолинии, разделяющие территорию на участки с различной степенью пожелтения берез. Изозономалии (отклонение дат наступления феноявлений на каждой фации от средней даты по всей территории) на карте проведены через 5 дней. В результате анализа карты выявлено, что в группах фаций отрицательных форм рельефа (долина р. Бардым и прилегающие к ней лога), наблюдается опережение в пожелтении березы до 12 дней, а в группах фаций вершин гор и увалов окрашивание листьев запаздывает местами более, чем на 10 дней. Таким образом, на карте хорошо прослеживается влияние расчлененного рельефа через инверсионную дифференциацию климата в условиях барьерной тени от Бардымского хребта на ход окрашивания листьев березы. Амплитуда явления на такой небольшой территории составляет 28 дней. Объясняется это скоплением и дальнейшим выхолаживанием воздуха при антициклональной погоде в узких долинах и логах.

Выводы

Сезонная динамика ландшафтов горных стран характеризуется сложностью в связи с воздействием ряда географических факторов на ЛГК: в частности, это действие высотно-поясного, солярно-экспозиционного и ветрового факторов. Исследования, посвященные этому вопросу, немногочисленны. Фитокomпонент, чутко реагирующий на изменения комплекса климатических и микроклиматических условий, является весьма чувствительным индикатором особенностей сезонной динамики ландшафта. Рассмотренные в статье количественные фенологические методы исследований имеют разную степень точности, трудоемкости, разработанности и апробации. Выбор их зависит от ряда условий: наличия в достаточном количестве учетных единиц, характер их распространения и доступность для наблюдателя, возможность проведения наблюдений в удобные или заранее определенные сроки и т.д. Результаты наблюдений, полученные при помощи интегрального описательного метода, интегрального метода индикаторов урожайности и экометрических методов отличаются своей ярко выраженной географичностью, хорошо поддаются математической обработке и обеспечивают более высокую точность и

сравнимость результатов. Это является несомненным достоинством при изучении сезонной динамики ландшафтов, связанного с оценкой степени влияния различных факторов в условиях предгорий и горных районов. При этом экометрические методы достаточно сложны и трудоемки, однако, технические возможности ГИС-технологий облегчают обработку, а также увеличивает точность карт.

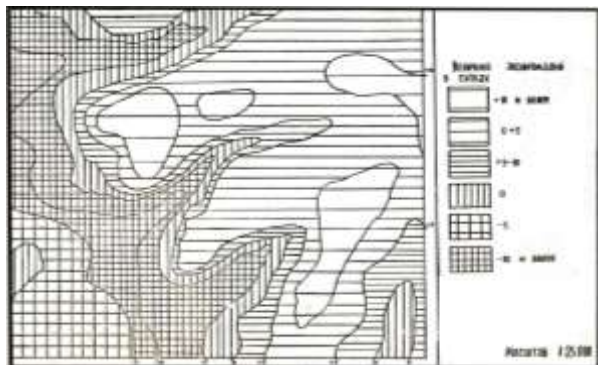


Рис. 3. Карта аномалий пожелтения березы в Серпентинных горах в 1982 г., автор Н. В. Скок.

Нередко для сравнения разных сообществ исследователи используют одни виды растений. Однако, фенологическое состояние отдельных видов может не соответствовать фенологическому состоянию всей растительности феноплощади в целом и даже иметь тенденции сезонного развития, обратные сезонному развитию сообщества. Сравнение разных геокомплексов с помощью комплексных фенопоказателей (СФХ и \bar{K}) имеет преимущество в том, что сравниваются одинаковые процессы, а не виды растений. Отсюда сопоставление становится возможным и тогда, когда ГК сильно отличаются по видовому составу или вообще не имеют общих видов. Для характеристики фенологического состояния растительности ГК горных территорий необходимо использовать количественные показатели, выраженные в краткой цифровой форме и обеспечивающие математически обоснованное сравнение скорости протекания сезонной динамики растительности в ГК, сильно отличающихся по видовому составу. Такой подход позволит обобщить основные характеристики динамики высотных поясов и распространить данные на горные районы, труднодоступные или недостаточно охваченные сетью метеорологических наблюдений. Применение методики комплексных фенологических показателей позволит оптимизировать научные исследования на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) и отслеживать тенденции фенологических изменений растительности во времени и пространстве. Эта методика имеет преимущества перед традиционной в организационном и экономическом плане: при уве-

личении объема получаемой в результате наблюдений научной информации и более полном описании динамики ландшафтов обеспечивает уменьшение затрат. Разработка новых подходов и методов комплексного изучения природной среды необходима также для оптимизации научной работы в ООПТ различного ранга, для внедрения современных методов исследований в слабоизмененных и неизмененных ландшафтах.

В результате анализа научной литературы выявлено, что большая часть исследований сезонной динамики ландшафтов, проведенных с использованием количественных фенологических методов, охватывает временной промежуток конца XX века. В условиях современных климатических изменений повторные исследования при отсутствии или наличии редкой сети метеостанций позволят выявить общие тенденции изменений сроков наступления явлений в органической и неорганической природе.

ЛИТЕРАТУРА

- Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: В.ш., 1991. 325 с.
- Калесник С. В. Общие географические закономерности Земли. М.: Мысль, 1970. 283 с.
- Шульц Г. Э. Общая фенология. Л.: Наука, 1981. 187 с.
- Сочава Б. В. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1978. 319.
- Мильков Ф. Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1986. 224 с.
- Елагин И. Н. О методике регистрации фенологических наблюдений в растительных сообществах // Труды фенологического совещания. Л.: Гидрометеорологическое изд. 1960. С. 365–369.
- Туманова Д. Ф. К вопросу о роли фенологических наблюдений во внутриландшафтном районировании // Труды фенологического совещания. Л.: Гидрометеорологическое изд., 1960. С. 111–121.
- Скок Н. В. Осенние фенологические различия между ландшафтными районами южной части гор Среднего Урала // Ландшафтные исследования на Урале. Свердлов. пед. ин-т. Свердловск. 1985. С. 55–68.
- Мамай И. И. Динамика ландшафтов: методика изучения. М.: изд. Московского ун-та, 1992. 167 с.
- Прокаев В. И. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование: курс лекций, ч. 1. Свердловск.: СГПИ, 1973. 125с.
- Батманов В. А. Заметки по теории фенологических наблюдений // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1. Иркутск: Сибирское книжное изд. 1967. С. 7–30.
- Буторина Т. Н., Крутовская Л. П., Молоков В. А., Полякова В. И. Опыт применения фенологического интегрального метода при геоботанических и почвенных исследованиях // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов. Красноярск: Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1975. С. 21–54.
- Харин Н. Г. Дистанционные методы изучения растительности. М.:Мысль. 1975. 131 с.
- Лынов Ю. С. Сезонное развитие растений в среднегорье и высокогорье Тянь-Шаня: факторы и темпы // Ботанический журнал. 1985. т.70. №8. С. 6–9.
- Фриш В. А., Фриш Э. В. Интегральный фенологический метод в изучении динамики ландшафтов // Вопросы фенологического картографирования. Л., ВГО. 1972. С. 68–72.

16. Фриш В. А. Сезонное развитие и урожайность черники в Дарвинском заповеднике в 1972–1974 гг. // Болота и болотные ягодники. Тр. Дарвинского гос. заповедника. Вып. XV. Сев.-зап. кн. изд. 1979. С.156–159.
17. Кузнецова Т. И. Фенологические профили через горную полосу Среднего Урала // Сезонная ритмика природы горных областей: тезисы докладов I Всесоюзного совещания по сезонным ритмам природы горных областей. – Ереван, 21–23 сентября 1982 г. Ленинград: ВГО, 1982. С. 58–61.
18. Куприянова М. К., Новожинов Ю. И., Щенникова З. Г. Фенологические наблюдения во внеклассной работе. Екатеринбург.: Банк культурной информации, 2000. 244 с.
19. Скок Н. В. Весенние фенологические различия между ландшафтными районами южной части гор Среднего Урала // Физико-географические исследования на Урале. Свердлов. пед. ин-т. Свердловск, 1990. с. 34–58.
20. Беляева Н. В. Сочетание первичных и интегральных методов (по В. А. Батманову) при изучении сезонной динамики природы Висимского заповедника // Фенологические методы в научных исследованиях и в школе: Материалы регион. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 16 дек. 2000 г. / Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2001. С. 31–35.
21. Терентьева Е. Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга: дисс. канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2000. 177 с.
22. Терентьева Е. Ю. Сезонный мониторинг растительности через суммированные фенологические характеристики фитоценозов // Актуальные проблемы регионального, географического, экологического и биологического образования: материалы региональной научно-практической конференции / Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2000. С. 116–117.
23. Янцер О. В. Применение количественных фенологических методов для изучения сезонной динамики ландшафтных геоконплексов // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала. Межвуз. Сб-к науч. трудов. / ГОУ ВПО «Пермский государственный университет». Пермь, 2006. С. 11–33.
24. Янцер О. В., Терентьева Е. Ю. Общая фенология и методы фенологических наблюдений: учебное пособие для студентов географо-биологического факультета. УрГПУ. Екатеринбург. 2012. 203 с.
25. Щенникова З. Г. Фенологическая карта «Начало заметного поспевания черники в Свердловской области» // Научные труды СГПИ. Свердловск. 1976. С. 4–9.
26. Кузнецова Т. И., Куприянова М. К. Использование новых фенологических методов для характеристики различий в сезонной динамике геоконплексов низшего и среднего рангов // Современное состояние теории ландшафтоведения: тезисы докладов VII Всесоюзн. Совещания по вопросам ландшафтоведения. – Пермь: ВГО, 1974. С. 51–54.
27. Янцер О. В. Сезонная динамика ландшафтных геоконплексов среднегорий Северного Урала (на примере заповедника «Денежкин Камень»): автореф. дисс. ... канд. геогр. Наук. Пермь., 2005. 19 с.
28. Айрапетян Ф. П. Опыт изучения высотных фитопенологических градиентов на склоне массива Арагац: автореф. дис... канд. геогр. наук. Ереван., 1972. 21 с.
29. Думикян А. Д. Особенности сезонного развития древесных пород в условиях Буреинского природного заповедника // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: матер. Всеросс. Науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В. А. Батманова/ Урал. гос. пед. ун-т – Екатеринбург, 2010. с. 30–35.
30. Янцер О. В. Весенние различия в развитии растительности на склонах различной соляриной экспозиции в заповеднике «Денежкин Камень» // Успехи современного естествознания. 2005. № 1. С. 77–80.
31. Скок Н. В. Влияние экспозиции на ход пожелтения листьев березы // Сезонная ритмика природы горных областей. Л.: Сев.-Зап. книж. изд., 1982. С. 51–52.
32. Скок Н. В., Янцер О. В., Иванова Ю. Р. Использование количественных фенологических методов для характеристики горной полосы Среднего Урала // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 5. С. 1569–1572.
33. Янцер О. В., Скок Н. В. Изучение снежного покрова в заповеднике «Денежкин камень» // Успехи современного естествознания. 2005. №1. С. 76–77.
34. Ходаков В. Г. Роль снежного покрова в природе ландшафтов Севера и его физические свойства. Изв. АН СССР, сер. Геогр. 1975. №1. С 17–26.
35. Скок Н. В., Вершинин А. Ю. Высота снежного покрова в ландшафтных районах южной части гор Среднего Урала. // Физико-географические исследования на Урале. Свердлов. пед. ин-т. Свердловск, 1990. С. 56–63.

Поступила в редакцию 18.08.2015 г.

PHENOLOGICAL STUDIES AS ONE OF THE DIRECTIONS EXPLORING LANDSCAPE DYNAMICS

© O. V. Yantser*, N. V. Skok

*Ural State Pedagogical University
26 Kosmonavtov St., 620017 Ekaterinburg, Russia.*

Phone: +7 (343) 235 76 18.

**Email: ksenia_yantser@bk.ru*

In the article an overview of methods of phenological study for the characteristics of the seasonal dynamics of altitudinal zones, landscaped areas and lower landscape geocomplexes in low and middle regions of Russia is presented. The results of long-term copyright landscape phenological studies in the Middle and Northern Urals are given. The possibilities of the use of primary and integral phenological methods with varying degrees of accuracy, complexity, elaboration and validation are considered. The authors provide general guidelines for choosing the methods of observation, depending on the availability of a number of conditions: the adequacy of accounting units, the nature of their availability and accessibility to the observer, the possibility of observing them in a comfortable or pre-determined time.

Keywords: *methods of phenological studies, quantitative methods of phenology, height zone, high-altitude belt factor, sun-exposition factor, barrier-exposition factor, seasonal dynamics of landscapes.*

Published in Russian. Do not hesitate to contact us at bulletin_bsu@mail.ru if you need translation of the article.

REFERENCES

1. Isachenko A. G. Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie [Landscape science and physical-geographical zoning]. Moscow: V.sh., 1991.
2. Kalesnik S. V. Obshchie geograficheskie zakonomernosti Zemli [General geographic regularities of the Earth]. Moscow: Mysl', 1970.
3. Shul'ts G. E. Obshchaya fenologiya [General phenology]. Leningrad: Nauka, 1981.
4. Sochava B. V. Vvedenie v uchenie o geosistemakh [Introduction to the doctrine of geosystems]. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1978. 319.
5. Mil'kov F. N. Fizicheskaya geografiya: uchenie o landshafte i geograficheskaya zonal'nost' [Physical geography: doctrine about the landscape and geographical zoning]. Voronezh: Izd-vo Voronezh. un-ta. 1986.
6. Elagin I. N. Trudy fenologicheskogo soveshchaniya. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izd. 1960. Pp. 365–369.
7. Tumanova D. F. Trudy fenologicheskogo soveshchaniya. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izd., 1960. Pp. 111–121.
8. Skok N. V. Landshaftnye issledovaniya na Urale. Sverdl. ped. in-t. Sverdlovsk. 1985. Pp. 55–68.
9. Mamai I. I. Dinamika landshaftov: metodika izucheniya [Dynamics of the landscapes: methodology of the studies]. Moscow: izd. Moskovskogo un-ta, 1992.
10. Prokaev V. I. Osnovy landshaftovedeniya i fiziko-geograficheskoe raionirovanie: kurs lektsii, ch. 1 [Basics of landscape science and physical-geographical zoning: lectures, part 1]. Sverdlovsk.: SGPI, 1973. 125s.
11. Batmanov V. A. Ritmy prirody Sibiri i Dal'nego Vostoka, ch. 1. Irkut-sk: Sibirskoe knizhnoe izd. 1967. Pp. 7–30.
12. Butorina T. N., Krutovskaya L. P., Molokov V. A., Polyakova V. I. Fenologicheskie metody izucheniya lesnykh biogeotsenozov. Krasnoyarsk: Institut lesa i drevesiny im. V. N. Sukacheva SO AN SSSR, 1975. Pp. 21–54.
13. Kharin N. G. Distantionnye metody izucheniya rastitel'nosti [Remote methods of studying vegetation]. Moscow: Mysl'. 1975.
14. Lynov Yu. S. Botanicheskii zhurnal. 1985. t.70. No. 8. Pp. 6–9.
15. Frish V. A., Frish E. V. Voprosy fenologicheskogo kartografirovaniya. L., VGO. 1972. Pp. 68–72.
16. Frish V. A. Bolota i bolotnye yagodniki. Tr. Darvinskogo gos. zapovednika. Vyp. KhV. Sev.-zap. kn. izd. 1979. Pp. 156–159.
17. Kuznetsova T. I. Sezonnaya ritmika prirody gornyykh oblastei: tezisy dokladov I Vsesoyuznogo soveshchaniya po sezonnyim ritmam prirody gornyykh oblastei. – Erevan, 21–23 sentyabrya 1982 g. Leningrad: VGO, 1982. Pp. 58–61.
18. Kupriyanova M. K., Novozhenov Yu. I., Shchennikova Z. G. Fenologicheskie nablyudeniya vo vneklassnoi rabote [Phenological observations in extra-curricular activities]. Ekaterinburg.: Bank kul'turnoi informatsii, 2000.
19. Skok N. V. Fiziko-geograficheskie issledovaniya na Urale. Sverdl. ped. in-t. Sverdlovsk, 1990. s. 34–58.
20. Belyaeva N. V. Fenologicheskie metody v nauchnykh issledovaniyakh i v shkole: Materialy region. nauch.-prakt. konf., Ekaterinburg, 16 dek. 2000 g. / Ural. gos. ped. un-t. Ekaterinburg. 2001. Pp. 31–35.
21. Terent'eva E. Yu. Kompleksnye fenologicheskie pokazateli fitotsenozov i ikh ispol'zovanie pri organizatsii fenomenirovaniya: diss. kand. biol. nauk. – Ekaterinburg, 2000.
22. Terent'eva E. Yu. Aktual'nye problemy regional'nogo, geograficheskogo, ekologicheskogo i biologicheskogo obrazovaniya: materialy regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii / Ural. gos. ped. un-t. Ekaterinburg, 2000. Pp. 116–117.
23. Yantser O. V. Voprosy fizicheskoi geografii i geokologii Urala. Mezhvuz. Sb-k nauch. trudov. / GOU VPO «Permskii gosudarstvennyi universitet». Perm', 2006. Pp. 11–33.
24. Yantser O. V., Terent'eva E. Yu. Obshchaya fenologiya i metody fenologicheskikh nablyudeni: uchebnoe posobie dlya studentov geografo-biologicheskogo fakul'teta [General phenology and methods of phenological observations: textbook for students of geography-biological department]. UrGPU. Ekaterinburg. 2012.
25. Shchennikova Z. G. Nauchnye trudy SGPI. Sverdlovsk. 1976. Pp. 4–9.

26. Kuznetsova T. I., Kupriyanova M. K. *Sovremennoe sostoyanie teorii landshaftovedeniya: tezisy dokladov VII Vsesoyuzn. Soveshchaniya po voprosam landshaftovedeniya.* – Perm': VGO, 1974. Pp. 51–54.
27. Yantser O. V. *Sezonnaya dinamika landshaftnykh geokompleksov srednegorii Severnogo Urala (na primere zapovednika «Denezhkin Kamen'»): avtoref. diss. ... kand. geogr. Nauk. Perm', 2005.*
28. Airapetyan F. P. *Opyt izucheniya vysotnykh fitofenologicheskikh gradientov na sklone massiva Aragats: avtoref. dis... kand. geogr. nauk. Erevan., 1972.*
29. Dumikyan A. D. *Sovremennoe sostoyanie fenologii i perspektivy ee razvitiya: mater. Vseross. Nauch.-prakt. konf., posvyashchennoi 110-letiyu so dnya rozhdeniya vydayushchegosya sovet-skogo fenologa V. A. Batmanova/ Ural. gos. ped un-t – Ekaterinburg, 2010. s. 30–35.*
30. Yantser O. V. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2005. No. 1. Pp. 77–80.*
31. Skok N. V. *Sezonnaya ritmika prirody gornyykh oblastei. Leningrad: Sev.-Zap. knizh. izd., 1982. Pp. 51–52.*
32. Skok N. V., Yantser O. V., Ivanova Yu. R. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2014. Vol. 19. No. 5. Pp. 1569–1572.*
33. Yantser O. V., Skok N. V. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2005. No. 1. Pp. 76–77.*
34. Khodakov V. G. *Rol' snezhnogo pokrova v prirode landshaftov Severa i ego fizicheskie svoistva. Izv. AN SSSR, ser. Geogr. 1975. No. 1. Pp. 17–26.*
35. Skok N. V., Verzhinin A. Yu. *Fiziko-geograficheskie issledovaniya na Urale. Sverd. gos. ped. in-t. Sverdlovsk, 1990. Pp. 56–63.*

Received 18.08.2015.