

ЧАСТЬ I. ПАРАДИГМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Янцер Оксана Васильевна

ОБЩАЯ ФЕНОЛОГИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Ключевые слова: общая фенология, фенологическое картографирование, теория и методика фенологических исследований, феноиндикаторы, комплексные фенологические показатели, пространственные фенологические закономерности, сезонная динамика ландшафта, климатические изменения.

В условиях современных климатических изменений фенологические исследования позволят выявить типы реакций биоты, а также общие тенденции изменений сроков наступления явлений в органической и неорганической природе на топологическом, региональном, континентальном и планетарном уровнях. Общая фенология и ее основные перспективные направления развития – разработка и теоретическое обоснование методики фенологических исследований, применение комплексных фенологических показателей для изучения особенностей фенологии природных комплексов различного ранга, изучение тенденций изменения сроков наступления феноявлений в связи с изменениями климата, изучение фенологии отдельных видов-феноиндикаторов пространственных географических закономерностей продвижения явлений, фенологическое картографирование с применением ГИС-технологий – дадут возможность разработать и внедрить новые теоретические и методические подходы к организации, проведению фенологических исследований и представлению материалов в математической форме.

Keywords: total phenology, phenological mapping, theory and methodology of phenological studies, fenoindikatory, complex phenological indicators, spatial phenological patterns, seasonal dynamics of the landscape, climate change.

In today's climate change phenological studies reveal the types of reactions biota, as well as general trends of changes in the timing of the phenomena of organic and

inorganic nature on the topological, regional, continental and planetary levels. Total phenology and its main perspective directions of development – development and theoretical foundation techniques phenological studies, the use of complex phenological indicators to study the characteristics of the phenology of natural complexes of different rank, the study of trends in terms of approach fenoyavleny due to climate change, the study of phenology of separate species fenoindikatorov spatial geographic laws promoting events, phenology mapping using GIS technology – will provide an opportunity to develop and introduce new theoretical and methodological approaches to the organization, conducting phenological studies and submissions in mathematical form.

Сезонная ритмика природы охватывает все компоненты ландшафта: атмосферу, гидросферу и литосферу. Наибольшего разнообразия сезонные изменения достигают в биосфере, поскольку жизнедеятельность организмов определяется приспособлениями к сезонной ритмике всех компонентов географической оболочки Земли [5]. Сезонная динамика в каждом географическом регионе закономерно проявляется в свойственных ему календарных сроках и чередовании наступления сезонных явлений. Изучением закономерностей сезонного развития растительного и животного мира, а также явлений неорганической природы в их взаимосвязи и взаимодействии занимается фенология [8]. Фенологи заинтересованы в изучении конкретных дат биологических событий в связи с изменениями сроков наступления и продолжительности сезонов и климата. Многие фенологические явления очень чувствительны даже к незначительным изменениям температуры. Фенологические исследования могут быть полезной заменой температурных показателей в исторической климатологии, особенно в изучении изменения климата и глобального потепления. Сегодня с помощью спутников ученые могут наблюдать обширные пространства Земли с суровыми условиями, такие как арктические тундры и смещение границ криолитозоны. Собранные данные могут определить решения, связанные с такими явлениями, как пожары, наводнения, а также оптимальные сроки борьбы с сельскохозяйственными вредителями, возбудителями болезней, в том числе аллергий [30].

Сущность фенологического знания составляет взаимосвязь законов и понятий различных естественных наук, раскрывающих общие вопросы функционирования природы. В зависимости от объекта исследования, различают фенологию неживой природы (метеорологические и гидрологические сезонные явления), фенологию растений (фитофенологию) и фенологию животных (зоофенологию). Из последней выделяют: фенологию птиц (орнитофенологию), фенологию рыб (ихтиофенологию) и фенологию насекомых (энтомофенологию) [8].

Раздел фенологии, изучающий пространственно-временные закономерности сезонного развития природных комплексов, получил название *общей фенологии*. В сферу ее интересов включен анализ взаимоотношений и взаимосвязей между частными абиотическими и биотическими сезонными процессами, которые являются элементами структуры природных комплексов разных рангов. В этом она выступает в основном как географическая фенология, вносящая свою долю информации в разработку комплексных физико-географических характеристик территорий [22]. Общая фенология занимается как теоретическими вопросами, так и разработкой методики фенологических наблюдений и обработки их результатов. Система фенологических знаний весьма обширна и охватывает довольно значительный круг вопросов теоретической и прикладной значимости. Теоретическое знание находит свое выражение не только в принципах, законах, закономерностях, но и в системе научных понятий.

Сезонная динамика природы, охватывая любую геосистему в целом, несмотря на многообразие ее проявления, определяется соответствующими географическими закономерностями [11]. В географических исследованиях для более полной и качественной характеристики природных комплексов различного ранга и их динамики в условиях климатических изменений необходимы современные подходы, которые учитывали бы в полной мере не только оценку фенологического состояния отдельных ландшафтов, но и возможность сравнения их сезонного развития в одну дату. Наблюдения будут особо перспективными, если природные комплексы резко отличаются по видовому составу. Поэтому необходимо

при проведении исследований использовать точные фенологические методы, дающие количественные показатели. Фенологические наблюдения позволяют отслеживать изменения фитокомпонента, развитие которого характеризует климатические условия и индицирует сезонные изменения всего геокомплекса. Растения – самый наглядный индикатор изменения природной среды, что является немаловажным в условиях изменения климата. Реакция растений влечет реакции животных, что, в целом, запускает механизм ряда приспособлений для всех природных комплексов разных рангов. Изменения дат наступления и продолжительности сезонов отражаются на всех сторонах жизнедеятельности человека от сельскохозяйственного землепользования и животноводства до рекреации.

По классификации геосистем В.Б. Сочавы, различаются следующие порядки размерности исследований по общей фенологии: топологический, региональный, континентальный и планетарный [22]. К топологической размерности относятся труды по фенологии отдельных ландшафтов и их групп также по фенологии низших геокомплексов – урочищ и фаций. Это – календари природы отдельных географических пунктов, заповедников, научных стационаров, ботанических садов, парков и фенологические разделы характеристик ландшафтов. 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 геокомплексов – фаций [11]. 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 [4]. Методика полевых исследований фаций предусматривает подробное описание растительности, что создает определенную базу для полноценных фенологических наблюдений за всеми видами растений в геокомплексе. Источниками информации о низших ландшафтных геокомплексах служат стационарные ландшафтно-фенологические исследования [5], а также результаты полевой ландшафтной съемки, которые позволяют собрать данные для

углубленного анализа показателей сезонной динамики ландшафта. В полустационарных и экспедиционных наблюдениях исследования проводятся в ГК более высокого ранга, таких как высотные пояса и ландшафтные районы. К работам такого уровня можно отнести исследования ландшафтных районов Среднего Урала Ю.Р. Ивановой [3], Н.В. Скок [17], изучение сезонной динамики высотных поясов в горах Тянь-Шаня Ю.С. Лыновым [10] и в среднегорьях Северного Урала О.В. Янцер [20; 22].

К региональной размерности относятся исследования территорий географических провинций и их групп и физико-географических областей, например, краевые, областные и республиканские фенологические и агрометеорологические справочники и карты, фенологические исследования территорий отдельных европейских и азиатских государств и крупных штатов [22; 12; 14]. Значение работ такого масштаба сложно переоценить. Так, раздел «Разработка проекта и создание подсистемы сбора, обобщение и анализа фенологических, дендрохронологических и лишенологических данных, характеризующих антропогенные изменения биотического компонента климатической системы» включен в Федеральную целевую программу «Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий», а раздел «... оценка последствий климатических изменений для лесных экосистем Русской равнины по данным массовых многолетних фенологических наблюдений» в Подпрограмму «Глобальные изменения природной среды и климата» Миннауки. В 2000 году WWF проводил конкурс среди заповедников по обобщению и анализу многолетних рядов климато-фенологической информации. Кроме того, в Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации разрабатывается современная концепция развития науки в заповедниках, включая и перспективы использования материалов «Летописи природы», основу которых составляют данные фенологических наблюдений [13].

Континентальной размерностью являются фенологические исследования территории континентов, субконтинентов, физико-географических поясов. К

этой размерности следует отнести фенологические исследования, в частности карты, охватывающие территорию России или отдельно европейскую и азиатскую ее части, территорию стран Восточной, Центральной Европы, США и т. д. [25–28]. В конце 20 века широко известны были работы В.А. Батманова, в частности, карта «Весеннее развитие черемухи, а на юге СССР вишни», опубликованная в Атласе СССР в 1986 году, в начале 21 века – ряд карт для Русской равнины под авторством Минина А.А. [7; 12; 14], Янцер О.В. для всей территории России и отдельно для Свердловской области составлены карты, отражающие весеннее развитие черемухи на 15 мая с 2011 по 2014 гг. [19]. В настоящее время по всему миру функционирует значительное количество фенологических сетей: в 9 странах Западной Африки (Буркина-Фасо, Кабо-Верде, Чад, Гамбия, Гвинея-Бисау, Мали, Мавритания, Нигер и Сенегал) существуют аграрно-фенологические сети. В Канаде действует сеть экологического мониторинга Canada Plantwatch. В Австралии функционирует Исследовательская сеть наземных экосистем (The Terrestrial Ecosystem Research Network (TERN)). На территории Китая работает общенациональная фенологическая сеть Китайской метеорологической администрации и фенологическая сеть Китайской академии наук. На территории Европейского Союза функционирует Европейская фенологическая сеть (The European phenological network (EPN)). Сбором и анализом фенологических данных в рамках программы фенологии растений США USA-NPN (Plant Phenology Program (PPP)) занята Национальная фенологическая сеть США (USA – National Phenology Network (USA-NPN) [21]. Не смотря на активное развитие фенологических знаний и вклады видных ученых в развитие методологии фенологии, в России на данный момент не существует национальной фенологической сети, фенологические наблюдения ведутся, в основном, силами Фенологических секций Региональных отделений РГО, работников заповедников, метеорологических станций и фенологов-любителей [18].

На планетарном уровне объектом исследований является вся географическая оболочка земного шара. К работам по изучению сезонной ритмики всей биосферы планеты относятся весьма немногочисленные фенологические карты мира, создание которых относится, в основном, к концу прошлого века, хотя изучение фенологии всей биосферы позволит выявить общие тенденции реакции биоты на изменения климатических условий на высочайшем уровне размерности природных комплексов.

В последние десятилетия к фенологической информации наблюдается повышение интереса официальной науки. Решение актуальной научной проблемы современных изменений климата невозможно без оценки значимости этих изменений для состояния различных природных сред. А фенологические данные позволяют давать прямые ответы на многие вопросы в рамках обсуждения данной проблемы относительно биологической составляющей биосферы [13].

В настоящее время можно выделить следующие перспективные направления развития общей фенологии:

1. Изучение фенологии отдельных видов-феноиндикаторов пространственных географических закономерностей продвижения явлений.

Результаты наблюдений дают возможность проследить за ходом наступления фенофаз развития в пределах всего ареала отдельных видов растений-индикаторов или отдельных регионов. С целью сбора фенологических данных о сезонных изменениях в природе с 2011 года силами научно-образовательного фенологического центра Уральского государственного педагогического университета проводится Единый фенологический день (далее – ЕФД). В его основу легла идея В.А. Батманова о планетарной фенологии, суть которой заключается в создании феномониторинга, базирующегося на единстве сроков наблюдения в масштабе всей планеты [1]. Одновременно, в выбранный день, множество наблюдателей на территории любого масштаба, вплоть до стран, континентов, или даже всего Земного шара опишут сезонное состояние какого-то широко рас-

пространенного, хорошо известного и легко наблюдаемого объекта, можно получить своеобразное фенологическое фото земной поверхности. Таким образом, можно измерять скорость распространения фенологических явлений по территории, определять динамику сезонного развития в разных регионах. Для проведения весеннего ЕФД было выбрано 15 мая, объектом наблюдений стала Черёмуха обыкновенная (*Prunus padus*), которая удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым наблюдаемым фенологами объектам. Местообитание в природе: лесные опушки, берега рек. Кроме того, черемуха не относится к редким или тем более к исчезающим видам [19; 24]. Для проведения ЕФД выбран описательный первичный метод феноизмерений, который не требует многократных посещений и наблюдений за описываемым объектом. М.К. Куприяновой и Н.В. Беляевой была составлена нормальная последовательность фенофаз и их подразделений для черемухи обыкновенной. Она выражена в виде шкалы и представляет собой прямой ряд сезонных необратимых явлений с пояснениями и фотографиями. Задача участников ЕФД: выбрать дерево черёмухи, которое становится постоянным объектом наблюдения на несколько лет, и ежегодно 15 мая отмечать их фенологическое состояние, сравнивая имеющийся объект со шкалой. Таким образом, в каждый момент времени можно получить статистически достоверную характеристику отдельных видов растений, выраженную в удобной математической форме. Благодаря данной методике можно сравнивать природные комплексы, расположенные в различных климатических и микроклиматических условиях, а статистическая математическая обработка позволит сделать выводы о достоверности различий. Сравнивая данные по годам, получены погодичные различия в характеристиках сезонной динамики растений. Кроме того, такая удобная форма облегчает создание фенологических карт крупных территорий.

В пределах России для исследований использована уникальная сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – заповедников и природных парков, представляющих многообразие природных зон и ландшафтов страны. Во многих из них фенологические наблюдения проводятся для создания летописи

природы. ООПТ в качестве пунктов были выбраны с целью минимизирования антропогенного воздействия на ландшафты. Для того чтобы определить, отличается ли время наступления сезонных явлений на урбанизированных территориях, фенологическая съёмка проводилась и в населённых пунктах.

Помимо научных работников, в ЕФД также участвует много любителей природы как в России, так и за рубежом: в 2012–2014 годах также были проведены наблюдения несколькими натуралистами из Канады и Боливии, что свидетельствует об энтузиазме организаторов и зарубежных ученых, однако, к сожалению, эти данные в нашем исследовании можно использовать только в качестве констатирующих фактов. Для построения карт весеннего развития черемухи на территории России применена программа ArcGIS. Каждый пункт наблюдения с соответствующими координатами наносился на основу, затем наблюдавшийся балл фенологического состояния черемухи присваивался этому пункту. Программа автоматически интерполирует данные для разных пунктов и строит изолинии. Примером карты являются карты весеннего развития черемухи в 2011–2014 годах, на которых физиономично прослеживаются закономерности развития вида в пространстве в зависимости от изменения климатических условий в широтном и долготном направлениях. Это дает возможность прогнозирования последующего наступления сроков сезонных явлений в пунктах наблюдений. Дальнейшая реализация проекта даст возможность показать многолетние результаты и динамику состояния черемухи, и только в этом случае станет возможным проведение более взвешенного и объективного анализа реакций вида на изменение ряда условий. Многолетние результаты Единого фенологического дня и их тренды, отраженные в виде фенологических карт, позволят выявить особенности климатических изменений и их влияние на весеннее развитие черемухи на территории России [19]. Изучение сезонного развития отдельных видов также осуществляется в горных районах России – в Саянах [15], на Северном Урале [23], в Забайкалье [2], в верховьях Колымы [16]. Аналогичные работы ведутся в Альпах [31] и в Скандинавских странах [9].

2. Фенологическое картографирование с применением ГИС-технологий является еще одним важным направлением развития общей фенологии. Фенологическое картографирование представляет собой составление карт различного масштаба и для разных территорий, показывающих сроки наступления сезонных процессов, продолжительность фенофаз и феноинтервалов, а также феноаномалии и другие фенопоказатели [6]. Фенологические карты представляют собой наглядную модель развития явлений окружающей среды. Они являются основными справочными документами, выявляющими закономерности пространственного размещения сроков наступления сезонных явлений природы и других показателей сезонной ритмики ландшафтов и их компонентов. Значение их не ограничивается только справочной ролью. Они снабжают исследователя мощным научным методом сравнения явлений в хорологическом и динамическом отношениях. Основной перспективной задачей данного направления является составление электронных карт, которые бы отображали географические закономерности сезонного развития объектов на территории как Российской Федерации, так и отдельных материков северного и южного полушарий Земли. Для ее решения могут быть использованы программы MapInfo, ArcGIS и ряд других. Создание карт в ГИС системе не является трудоемким и не отнимает много времени. Интерполяция полностью автоматизирована, а значит, что большую часть работы за нас сделает программное обеспечение. Основу такого рода исследований занимает обработка данных и анализ полученных карт.

3. Инновационным направлением общей фенологии служит применение комплексных фенологических показателей для изучения особенностей фенологии природных комплексов различного ранга.

Комплексные фенологические показатели природных комплексов были предложены В.А. Батмановым, апробированы и получили дальнейшее развитие в исследованиях Е.Ю. Терентьевой на Среднем Урале, О.В. Янцер и Н.В. Скок на Северном Урале, в заповеднике «Денежкин камень» [24]. При наблюдении

методом комплексных фенологических характеристик на территории геокомплекса определяется фенологическое состояние каждого вида путем оценки его учетных единиц соответственно стандартам. Во время многолетних исследований наблюдения проводятся на постоянных учетных площадках, их размер и форма зависят от рельефа местности, от характера растительного сообщества, комплексности растительного покрова и других условий. Для каждого процесса развития растений – генеративного и вегетативного, Е.Ю. Терентьевой составлен свой феностандарт, представляющий собой ряд последовательно сменяющихся друг друга фенофаз [22]. 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 – суммированная фенологическая характеристика растительности природного комплекса (далее – СФХ) – отражает его фенологическое состояние в день наблюдений. Для каждой СФХ вычисляется средний фенологический коэффициент \bar{k} , представляющий собой средний балл фенологического состояния участка, дополненный значением ошибки – m . При повторном обследовании участка можно рассчитать показатель «фенологической скорости». Для удобства сравнения сезонной динамики доли баллов переводятся в сутки. Метод дает возможность выразить информацию в краткой цифровой форме, хорошо поддающейся математической обработке, и позволяет сравнивать скорость протекания сезонной динамики растительности ЛГК, сильно отличающихся по видовому составу [22; 23]. Например, при его помощи установлено, что в условиях таежных среднегорий Северного Урала проявлением влияния высотно-поясного фактора на сезонную динамику растительности ЛГК служит запаздывание весеннего развития растительности. Так, максимальные различия в весенней динамике развития растительности подгольцового пояса, по сравнению с горно-таежным, наблюдаются во второй декаде мая, а в горно-тундровом поясе, по сравнению с горно-таежным, в

конце мая – первых числах июня, сразу после схода снежного покрова. 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 [23].

Для характеристики фенологического состояния растительности природных комплексов важно использовать количественные показатели, выраженные в краткой цифровой форме и обеспечивающие математически обоснованное сравнение скорости протекания сезонной динамики растительности в ландшафтах, сильно отличающихся по видовому составу. Такой подход позволит обобщить основные характеристики динамики высотных поясов и распространить данные на горные, либо труднодоступные или недостаточно охваченные сетью метеорологических наблюдений районы. Применение методики комплексных фенологических показателей позволит оптимизировать научные исследования на ООПТ и отслеживать тенденции фенологических изменений растительности в слабоизмененных и неизмененных ландшафтах во времени и пространстве. Одновременное проведение наблюдений с применением комплексных фенологических показателей на обширных площадях позволит получить своеобразную одномоментную «фотографию» различных регионов, что даст возможность сравнивать сезонное развитие целых природных подзон, зон и климатических поясов, а также отдельных материков и в целом, оценить фенологию географической оболочки.

4. Разработка и теоретическое обоснование методики фенологических исследований. Кроме изучения временной динамики, характеризующей погодичную изменчивость объектов растительного мира на постоянном и типичном для конкретной ООПТ участке (как правило, результат таких исследований – многолетние календари природы), очень важным является знание пространственной сезонной изменчивости растений, без которой представление о природе территории будет неполным. Наилучшими, наиболее перспективными для ООПТ методами фенологических исследований (по классификации В.А. Батманова) для

этих целей мы считаем описательные методы (первичный и интегральный). Для более серьезных результатов нужны системы наблюдений. Последнее десятилетие на Урале широко апробируются системы наблюдений, получившие в нашей практике название «Единые фенологические дни» и «Комплексные фенологические показатели растительности», примеры которых приведены выше. Разработка теории фенологических исследований, их апробация и внедрение в практику в настоящее время является важным звеном исследования современной естественнонаучной картины мира, и, в перспективе, позволит выявление корреляционных связей между наступлением фенофаз растений-индикаторов и абиотическими факторами, а также моделирование и прогнозирование реакции фитоконпонента в условиях изменений метеорологических и климатических показателей среды.

5. Важнейшим перспективным направлением развития общей фенологии служит изучение тенденций изменения сроков наступления феноявлений в связи с изменениями климата [25; 29; 34]. Его развитие возможно при организации системы фенологического мониторинга с унификацией программ и методик фенологических наблюдений для различных природно-климатических районов. Формирование баз данных и анализ материалов, а также оценка происходящих изменений в сезонной ритмике экосистем позволит выработать рекомендации для принятия управленческих решений в связанных с данной сферой областях природопользования [12; 13]. Существующая сеть добровольных фенологических наблюдений, система ООПТ, могут стать основой сети фенологического мониторинга при поддержке ее государством или неправительственными организациями. В настоящее время накоплен значительный объем многолетней фенологической информации, которая позволяет проводить детальные исследования. Так, в результате анализа данных по 50 пунктам европейской части России за последние 30–50 лет, выявлены разнонаправленные тенденции смещения сроков начала событий в популяциях растений и птиц, сокращения в некоторых регионах продолжительности периода вегетации (несмотря на потепление климата). Все это

свидетельствует о реализации различных адаптационных механизмов функционирования популяций и сообществ в условиях современных внешних воздействий. Полученные результаты могут свидетельствовать, с одной стороны, о невысокой значимости этих воздействий для инициирования серьезных структурных и функциональных изменений в сообществах, а с другой – о накоплении в последних малозаметных отклонений, способных привести к резким, неожиданным сменам в состоянии биогеоценозов. Продолжение фенологических наблюдений и оперативный анализ данных позволят «отслеживать» развитие ситуации по тому или иному сценарию и принимать соответствующие управленческие решения по вопросам охраны природы, сохранения биологического разнообразия [13].

6. В условиях роста городов перспективным является использование фенологических показателей в качестве индикаторов климатических изменений и исследование феноаномальных отклонений в урбанизированных системах.

Необходимость развития данного направления очевидна: около половины населения планеты проживает в городах. Актуальность исследований и интерес к теме подтверждается рядом публикаций. Например, еще в 2000 году в «Экологический атлас Москвы» вошли картосхемы средних сроков начала некоторых событий в Подмосковье за последние 30 лет [13]. Изучением взаимосвязи между интенсивностью урбанизации и фенологии занимаются коллеги из Канады и Китая [32; 33]. Их исследованиями установлено, что существует незначительным линейная зависимость между городской средой, повышением ее температурных показателей и фенологическими переходными датами явлений. Также отмечено, что местные климатические условия является ключевым фактором, но при этом уровень урбанизации оказывает влияние на фенологию.

Оценка постоянно меняющейся окружающей среды является сложной задачей, требующей близкого сотрудничества фенологов с экспертами в области биологии, климатологии, экологии, географии и других наук. Объединение экспер-

тов в этих областях знания призвано способствовать раскрытию потенциала фенологии как интегративной науки об окружающей среде. Актуальными являются проблемы установления единства в важнейших фенологических явлениях; периодизации годичного круга природы; типизации фенологических режимов и их районирование. Решение этих задач требует усовершенствования программ общифенологических наблюдений и методики их проведения [13; 18]. Кардинальной задачей общей фенологии остается выявление закономерностей во взаимосвязях и взаимодействиях между сезонной динамикой отдельных абиотических и биотических компонентов геосистем на основе их сезонной динамики. Итоговой задачей является генерализация всех частных резонных процессов в форме описания сезонной динамики геосистемы как целого. Перспективными методами при решении проблем общей фенологии являются математическое моделирование для прогнозирования изменений и системный анализ.

В результате анализа научной литературы выявлено, что большая часть исследований сезонной динамики ландшафтов, проведенных с использованием количественных фенологических методов, охватывает временной промежуток конца 20 века. В условиях современных климатических изменений повторные исследования при отсутствии или наличии редкой сети метеостанций, особенно в горных территориях, позволят выявить типы реакций биоты, а также общие тенденции изменений сроков наступления явлений в органической и неорганической природе на топологическом, региональном, континентальном и планетарном уровнях.

Список литературы

1. Батманов В.А. Лекции по фенологии для учителей [Текст] / В.А. Батманов. – Екатеринбург, Урал. гос. пед. ун-т, 2006. – 72 с.
2. Думикян А.Д. Особенности сезонного развития древесных пород в условиях Буреинского природного заповедника [Текст] / А.Д. Думикян // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Матер. Всеросс. Науч.-

практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В.А. Батманова. – Екатеринбург: Урал. гос. пед ун-т, 2010. – С. 30–35.

3. Иванова Ю.Р. Из опыта изучения фенологических различий между ландшафтными районами низкогорной полосы Среднего Урала [Текст] / Ю.Р. Иванова, О.В. Янцер, Н.В. Скок // География и регион: Матер. междунар. науч.-практ. конф. (23–25 сентября 2015 г.). В 6 т. Т.1. Физическая география и ландшафтная экология. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2015. – С. 59–66.

4. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование [Текст] / А.Г. Исаченко. – М.: В. ш., 1991. – 325 с.

5. Калесник С.В. Общие географические закономерности Земли [Текст] / С.В. Калесник. – М.: Мысль, 1970. – 283 с.

6. Капустин В.Г. ГИС-технологии в географии и экологии: ArcView GIS в учебной и научной работе: Учебное пособие [Текст] / В.Г. Капустин. – Екатеринбург, Урал. гос. пед. ун-т, 2006. – 230 с.

7. Кожаринов А.В. Современные тенденции в состоянии природы Русской равнины [Текст] / А.В. Кожаринов, А.А. Минин // Влияние изменения климата на экосистемы. – М.: Рус. ун-т, 2001. – С. 17–23.

8. Куприянова М.К. В.А. Батманов – основатель нового направления в фенологии [Текст] / М.К. Куприянова // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. (15–16 декабря 2010 г.), посвященной 110-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В.А. Батманова. – Екатеринбург. Урал. гос. пед ун-т., 2010. – С. 42–56.

9. Курхинен Ю.П. Роль заповедников России в международных экологических исследованиях (на примере материалов международного проекта) [Текст] / Ю.П. Курхинен, М. Дельгадо, Е. Мейке, О. Оваскайнен // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные про-

цессы и проблемы развития естественнонаучного образования: Матер. Международ. науч.-практ. конференции (11–12 декабря 2014 г.) – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2014. – С. 92–97.

10. Лынов Ю.С. Сезонное развитие растений в среднегорье и высокогорье Тянь-Шаня: факторы и темпы [Текст] / Ю.С. Лынов. Ботанический журнал, 1985. – Т. 70. – №8. – С. 6–9.

11. Мамай И.И. Динамика ландшафтов: методика изучения [Текст] / И.И. Мамай. – М.: – Изд. Московского ун-та, 1992. – 167 с.

12. Минин А.А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения [Текст] / А.А. Минин. – М.: Изд-во АБФ/АБФ, 2000. – 160 с.

13. Минин А.А. Перспективы фенологического экомониторинга [Текст] / А. А. Минин // Энергия: экономика, техника, экология. – 2006. – №5. – С. 64–68.

14. Минин А.А. Гомеостатические реакции растений на современные изменения климата: пространственно-фенологические аспекты [Текст] / А.А. Минин, А.В. Воскова // Онтогенез. – 2014. – Т. 45. – №3. – С. 1–8.

15. Овчинникова Т.М. Анализ изменений сроков сезонных явлений у древесных растений заповедника Столбы в связи с климатическими факторами [Текст] / Т.М. Овчинникова, В.А. Фомина, Е.Б. Андреева, Н.П. Должковая, В.Г. Суховольский // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – №1. – С. 54–60.

16. Синельникова Н.В. Сезонная жизнь природы Верхней Колымы [Текст] / Н.В. Синельникова, М.Н. Пахомов // КМК. – 2015. – 329 с.

17. Скок Н.В. Использование количественных фенологических методов для характеристики горной полосы Среднего Урала [Текст] / Н.В. Скок, Ю.Р. Иванова, О.В. Янцер // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19. – №5. – С. 1569–1572.

18. Федотова В.Г. Современное состояние отечественной фенологии [Текст] / В.Г. Федотова. Общество. Среда. Развитие (Terza Humana). – 2009. – №4. – С. 166–176.

19. Янцер О.В. ЕФД как всероссийский проект: результаты и перспективы [Текст] / О.В. Янцер // Исследования природных и социально-экономических систем Урала. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (5 декабря 2013 г.) – Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет, 2013. – С. 209–214.

20. Янцер О.В. Возможности применения количественных методов фенологических наблюдений для изучения сезонной динамики высотных поясов среднегорий Северного Урала [Текст] // Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. (15–16 декабря 2010 г.), посвященной 110-летию со дня рождения выдающегося советского фенолога В.А. Батманова. – Екатеринбург: Урал. гос. пед ун-т., 2010. – С. 152–169.

21. Янцер О.В. Актуальные вопросы общей фенологии [Текст] / О.В. Янцер, Т. Нездолий // Изучение природных и социально-экономических систем. Инновации в системе образования: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (13–17 апреля 2015 г.). – Екатеринбург – Сухум: Абхазский государственный университет, 2015. – С. 212–215.

22. Янцер О.В. Общая фенология и методы фенологических исследований: Учебное пособие [Текст] / О.В. Янцер, Е.Ю. Терентьева. – Екатеринбург: УрГПУ, 2013. – 208 с.

23. Янцер О.В. Сезонная динамика ландшафтных геокомплексов среднегорий Северного Урала (на примере заповедника «Денежкин Камень»): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / О.В. Янцер. – Пермь, 2005. – 19 с.

24. Янцер О.В. Основные направления в работе Уральского научного фенологического центра и их значение для организации исследований природной динамики в ООПТ [Текст] / О.В. Янцер, М.К. Куприянова, Н.В. Беляева, Н.В. Скок, Е.Ю. Терентьева // Современное состояние и перспективы развития ООПТ

Урала: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 40-летию Висимского государственного биосферного заповедника (Нижний Тагил, 2–4 декабря 2011 г.). – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2011. – С. 30–35.

25. Ahas R., Menzel A., Fedotova V. Changes in European spring phenology // *International Journal of Climatology*, 22: 1727–1738, 2002.

26. Brown M.E., K.M. de Beurs, M. Marshall. Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years // *Remote Sensing of Environment* 126 (2012). – P. 174–183.

27. Delbert N., Dennis D., Picard G., Thue Le Toan, Kergoat L., Quegan S., Fedotova V., Woodward I. Spring phenology in boreal Eurasia over a nearly century time-scale // *Global Change Biology*, 07-160. – 2007.

28. Nicolas Delbart, Thuy Le Toan, Laurent Kergoat, Violetta Fedotova. Remote sensing of spring phenology in boreal region: a free of snow-effect method using NOAA-AVHRR and SPOT-VGT data (1982–2004) // *Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphere (CNRS-CNES-UPS-IRD), France, 2005 – P. 52–62.*

29. Pau S., Wolkovich E.M., Cook B.I., Davies T.J., Kraft N.J.B., Bolmgren K., Betancourt J.L. & Cleland E.E. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science. – *Global Change Biology* 17: (2011) 3633–3643.

30. Phenology By Carole Ann Griffiths Jacobson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ext100.wsu.edu/skagit/wp-content/uploads/sites/5/2014/03/012811.pdf> (дата обращения: 17.09.2015).

31. Jean-Paul Theurillat, Antoine Guisan. Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: Climatic Change. A Review July 2001, Volume 50, Issue 1. – P. 77–109.

32. Kaesha L. Neil, Leslie Landrum, Jianguo Wu. Effects of urbanization on flowering phenology in the metropolitan phoenix region of USA: Findings from herbarium records // *Journal of Arid Environments* 74 (2010) 440–444.

33. Qingxu Huang Hong Xu, Xi Yang, Peijun Shi. Study of impacts of urbanization process on phenology using multisource satellite data asprs 2009 // Annual Conference. Baltimore, Maryland March 9–13, 2009.

34. Su-Jong Jeong, Chang-Hoiho, Hyeon-Jugim. Molly E. Brown. Phenology shifts at start vs. end of growing season in temperate vegetation over the Northern Hemisphere for the period 1982–2008 // Global Change Biology (2011) 17, 2385–2399.

Янцер Оксана Васильевна – канд. геогр. наук, доцент кафедры географии и методики географического образования ФГБОУ ВПО «Уральский государственный педагогический университет», Россия, Екатеринбург.
