

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
педагогический университет»
Географо-биологический факультет
Кафедра физической географии**

Янцер О.В.
Терентьева Е.Ю.

**Общая фенология
и методы
фенологических
исследований**

Екатеринбург, 2013

УДК 551.506.8 (075.8)

ББК Ч426.268

Я60

Общая фенология и методы фенологических исследований: учебное пособие для студентов геогр.-биол. фак. /Авторы-сост.: О.В. Янцер, Е.Ю. Терентьева. – Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2013. –218 с.

Учебное пособие содержит информацию об истории развития фенологии как науки, о фенопериодизации года для разных районов России. В нем охарактеризованы методы фенологических наблюдений и обработки данных, рассмотрены вопросы пространственного изменения сезонной динамики геокомплексов различного ранга, а также даны рекомендации по применению фенологических знаний при изучении школьных курсов географии и биологии.

Пособие предназначено для студентов географо-биологического факультета и людей, интересующихся вопросами сезонного развития природы.

Рецензенты:

Комарова Т.А., к.п.н., доцент кафедры биологии, экологии и методики их преподавания УрГПУ

Скок Н.В., к.г.н., доцент кафедры физической географии УрГПУ

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный педагогический университет» в качестве учебного издания, решение № 224 от 20.03.2013 г.

© УрГПУ, 2013

© Янцер О.В., Терентьева Е.Ю., 2013

Оглавление

	стр
Оглавление	3
От авторов	4
Глава 1. Фенология как наука	6
1.1. Введение	6
1.2. Структура фенологии	9
1.3. Основные понятия фенологии	18
Глава 2. История развития фенологии	21
2.1. Зарождение и становление фенологии	21
2.2 Развитие фенологии на Урале	33
Глава 3. Сезоны года и их деление	37
3.1. Понятие о естественной периодизации года	37
3.2. Границы сезонов	38
3.3. Фенопериодизация в разных районах России	46
Глава 4. Методы фенологических наблюдений и обработки данных	64
4.1. Теоретическое обоснование методов фенологических исследований	64
4.2. Классификация фенологических методов по В.А.Батманову (1972)	65
4.3. Первичный (классический) метод группы регистраторов срока	68
4.4. Первичный описательный метод	73
4.5. Интегральный описательный метод	76
4.6. Метод комплексных (суммированных) фенологических характеристик	87
4.7. Первичный метод индикаторов урожайности	100
4.8. Интегральный метод индикаторов урожайности	102
4.9. Методы экометрической группы	106
Глава 5. Географические закономерности сезонного развития природы	118
5.1. Экзогенные факторы сезонной динамики живой природы	118
5.2. Эндогенные программы сезонного развития живых организмов	142
5.3. Пространственные географо-фенологические закономерности	162
5.4. Влияние рельефа на сезонную динамику геокомплексов	174
5.5. Влияние изменения климата на сроки наступления фенологических явлений	185
Глава 6. Фенология в школе	194
6.1. Применение фенологии в школьном курсе географии	194
6.2. Применение фенологических знаний в школьном курсе биологии	202
Библиографический список	207

От авторов

Преподавание фенологии на географо-биологическом факультете УрГПУ имеет свои традиции и существенно отличается от других вузов нашей страны, где существуют факультеты естественнонаучного профиля. Здесь с начала 60-х годов прошлого века реализуются основные научные направления уральской фенологической школы, основателем которой был выдающийся советский фенолог Владимир Алексеевич Батманов (1900-1980 гг). Учениками и последователями В.А. Батманова за это время издан ряд учебных и учебно-методических пособий: «Сезонные наблюдения в природе» М.К. Куприяновой и З.Г. Щенниковой (1985 г.); «Сезонные наблюдения в природе» М.К. Куприяновой, Н.Б. Мельник, З.Г. Щенниковой (1992 г.); «Фенологические наблюдения во внеклассной краеведческой работе» М.К. Куприяновой, Ю.И. Новоженовым, З.Г. Щенниковой (2000 г); «Лабораторный практикум по фенологии» и «Самостоятельные и практические работы по фенологии» О.В. Янцер (2007 г.). Однако тиражи их были невелики и к настоящему времени пособия оказались физически исчерпаны. Возникла необходимость обобщить изданные материалы, дополнив их новыми данными, накопившимися за истекший период. Так, в главе «Методы фенологических наблюдений и обработки данных» использованы данные выше обозначенных пособий с необходимыми дополнениями и уточнениями авторов-составителей. Настоящее пособие по общей фенологии, как и прежние, в большей степени ориентировано на студентов-географов, хотя может быть рекомендовано для изучения биологам и экологам. Именно этим объясняется наличие главы «Географические закономерности сезонного развития природы». За ее основу взяты исходные положения, представ-

ленные в пособии Г.Э. Шульца (1981)¹ с некоторыми корректировками и дополнениями авторов-составителей и оригинальными разделами «Влияние рельефа на сезонную динамику геокомплексов» и «Влияние изменения климата на сроки наступления фенологических явлений».

Использование пособия в учебном процессе позволит более полно формировать систематизированное, целостное представление об основных фенолого-географических закономерностях, о пространственном изменении сезонной динамики различных геокомплексов путем использования различных методов фенологических наблюдений. Это должно привести студентов к более глубокому пониманию физико-географических закономерностей, физиономично выражающихся в изменении фенологического состояния объектов органической и неорганической природы.

Фенология развивает наблюдательность и, находясь на стыке ботаники, биогеографии и ландшафтоведения, интегрирует данные этих наук. Выпускники географо-биологического факультета имеют возможность широко внедрять опыт, связанный с наблюдениями за состоянием живой и неживой природы в своей школьной практике и сфере дополнительного образования, осуществляя при этом патриотическое и экологическое воспитание как через показательные примеры достижений выдающихся российских фенологов, так и через изучение особенностей сезонного развития природы своей Малой Родины.

Авторы выражают благодарность за оказанную консультативную помощь и конструктивную критику членам Научного Фенологического Центра УрГПУ, кандидатам наук Куприяновой М.К. и Скок Н.В.

¹ Это объясняется наиболее полным изложением материала у данного автора, соответствующим современным взглядам и подтверждающим пространственные закономерности.

Глава 1. Фенология как наука

1.1. Введение

Неотъемлемым свойством географической оболочки Земли являются закономерно чередующиеся ежегодные изменения, связанные с вращением нашей планеты вокруг Солнца и наклоном земной оси к плоскости орбиты, воспринимаемые как смены времен года. В экваториальном поясе они почти незаметны: лишь после дней равноденствия отмечаются два небольших максимума - в апреле и октябре, а после дней солнцестояния два небольших минимума - в июле и январе. В субэкваториальном поясе относительно прохладным временем года является сезон дождей, жарким – засушливый сезон. Однако в пустынях дожди могут не выпадать и в холодное время года.

Области морского умеренного климата (западные побережья материков – атлантическое побережье Западной Европы, прибрежная полоса северо-запада Северной Америки, юг Чили) характеризуются сравнительно теплой зимой, прохладным и пасмурным летом. Осадки, приносимые западными ветрами, выпадают круглый год, однако их максимум связан с усилением циклонической деятельности осенью и первую половину зимы. В областях умеренного континентального и континентального климата (юг и юго-восток Восточной Европы, Южная Сибирь, Казахстан, Монголия, внутренняя часть США) циклоны проникают реже, поэтому лето здесь теплое, а зима холодная с устойчивым многомесячным снежным покровом. Осень и зима значительно суше, и самыми влажными являются летние месяцы.

Для областей умеренного муссонного климата (на восточных побережьях материков – Дальний Восток, Северо-Восточный Китай, север Кореи, Японских островов, Атлантическое побережье Северной Америки) характерна смена устойчивых ветров (муссонов) по сезонам. Зима

здесь ясная, холодная и малоснежная, т.к. ветер с континента не приносит осадков, а лето прохладное и дождливое – осадки в виде интенсивных ливней приходят с Тихого океана.

В арктическом и антарктическом поясах смена времён года выражается в первую очередь в смене полярного дня и полярной ночи. Сезонные колебания уровня осадков здесь невелики, а температуры большую часть года остаются ниже нуля.

Сезонная ритмика охватывает все компоненты ландшафта: атмо-, гидро- и литосферу. Наибольшего разнообразия сезонные изменения достигают в биосфере, поскольку жизнедеятельность организмов определяется приспособлениями к сезонной ритмике всех компонентов географической оболочки Земли.

Сезонные изменения на поверхности Земли проявляются и в виде закономерно чередующихся явлений природы. Каждой территории свойственны свои сезонные явления и свои календарные сроки их наступления. По годам эти сроки могут варьировать, нередко значительно. Общеизвестны понятия «ранняя» и «поздняя» весна, «ранняя» и «поздняя» осень.

Система знаний о сезонных явлениях природы, о сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки, называется *фенологией*. Дословный перевод с греческого: «феномен»-явление, «логос» - наука, изучаю; т.о. «фенология» - наука о явлениях. Сам термин «фенология» был предложен бельгийским ученым Ш. Морраном в 1853 г. По мнению ряда фенологов филологически термин является не вполне удачным, однако, несмотря на это, он употребляется по настоящее время. Определений фенологии много. Одно из наиболее развернутое было дано известным советским фенологом А. И. Руденко: «Фенология - наука, изучающая закономерности сезонного развития

растительного и животного мира, а также явлений неорганической природы в их взаимосвязи и взаимодействии».

Фенология – синтетическая наука. Она изучает закономерные погодичные сезонные изменения биосферы, биоритмы природных комплексов и геосистем в различных географических зонах, взаимосвязи и многосторонние сезонные изменения живых и неживых объектов на огромном географическом пространстве. Фенология всегда развивалась как пограничная дисциплина между биологией и географией. В биологическом плане она изучает закономерности сезонного развития организмов, в географическом – те же закономерности в их связи с абиотическими условиями среды и географическим положением объектов наблюдений.

Фенология тесно связана с такими разделами географии, как метеорология, гидрология и климатология. Сезонные изменения в жизнедеятельности организмов, обитающих в одинаковых условиях географической среды, происходят синхронно и подвержены влиянию климатических и других факторов этой среды, поэтому фенологию можно одновременно считать разделом экологии и наукой о сезонной ритмике географических ландшафтов (ландшафтная фенология).

Фенологические наблюдения ведутся одновременно в различных регионах, поэтому сравнительный аспект во многих исследованиях играет немаловажную роль. Фенология, учитывающая географическое распространение животных и растений, являющихся объектами наблюдений, связана с геоботаникой и зоогеографией.

Каждая наука, претендующая на самостоятельность, должна иметь свой объект изучения. У фенологии, при её традиционном толковании, их почти бесчисленное множество. Если объектом фенологических исследований являются организмы и их сообщества, а фенологические факты ис-

пользуются для углубления биологических закономерностей, фенология выступает как раздел биологических наук. Когда же объектом фенологических исследований становятся территории, геосистемы, а фенологические факты используются для углубления географических закономерностей (то есть исследования отвечают на вопросы: где, когда и в какое время наступают различные фазы развития объектов, составляющих природные системы в разных географических зонах), фенология выступает как раздел географических наук. Вероятно, поэтому известный географ, академик Б.П. Колесников считал фенологию методом. Основоположник уральской научной фенологической школы В.А. Батманов говорил, что фенологию нельзя считать методом, т.к. фенологических методов много.

1.2. Структура фенологии

Раздел фенологии, изучающий общие фенолого-географические закономерности и фенологию «целостной» природы, получил название *общей фенологии*. Общая фенология, являясь научной дисциплиной, занимается не только теоретическими вопросами, но и разработкой методики фенологических наблюдений и обработки их результатов. Общая фенология изучает пространственно-временные закономерности сезонного развития природных комплексов. В этом она выступает в основном как географическая фенология, вносящая свою долю информации в разработку комплексных физико-географических характеристик территорий. В последнее время в общей фенологии центр тяжести перемещается к анализу взаимоотношений и взаимосвязей между частными абиотическими и биотическими сезонными процессами как элементами структуры геосистем разных рангов.

Частная фенология изучает сведения о сроках сезонных проявлений жизнедеятельности определенных объектов, о сроках прохождения отдельных фаз развития, например, у насекомых или растений. В ней, 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). Фенологические сведения, собранные на урбанизированных территориях, выделяют, как раздел частной фенологии – фенологию большого города.

В. А. Батманов в 60-е годы подразделял фенологию на теоретическую и прикладную (рис.1, по Куприяновой и др., 2000). Теоретическую фенологию он называл учением о методах фенологического исследования или учением о феноуказателях - приборах-самописцах особого рода. Эти фенологические приборы (растения, животные, объекты неорганической природы и их системы), объективно и комплексно отражая своим поведением изменения внешних условий среды, дают возможность человеку ориентироваться во времени и пространстве. Но чтобы применять эти приборы, необходимы знания о правилах «пользования» феноуказателями, систематизации их по группам однозначной информации, составлении алгоритмов фенологических исследований, предназначенных для самого различного потребителя. Фенолог-теоретик разрабатывает все методическое обеспечение фенологических исследований независимо от объекта наблюдений. При таком подходе объектом изучения становится фенологические методы, и теоретическая фенология вполне может претендовать на самостоятельность как научная дисциплина.

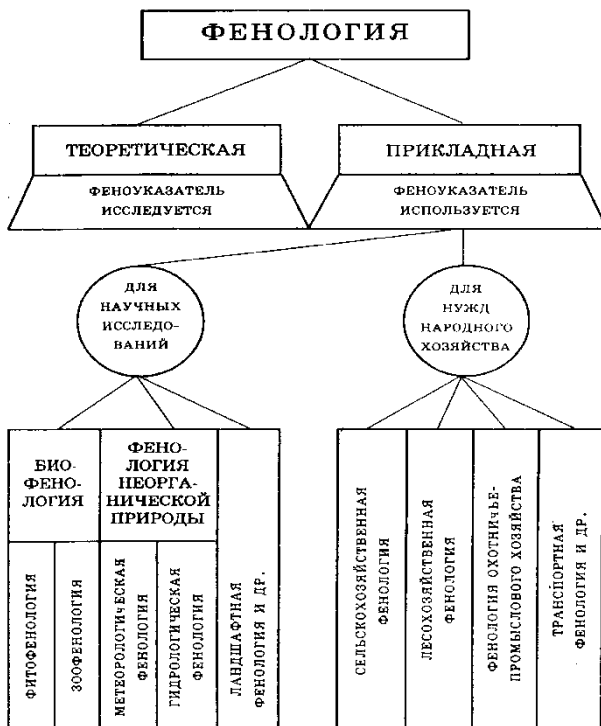


Рис. 1. Структура фенологии по В.А. Батманову (Куприянова М.К. и др., 2000).

Теоретическая фенология опирается на общую и частную фенологию и непосредственно занимается изучением закономерностей сезонного развития природных комплексов на разных уровнях (порядках размерности). По классификации геосистем В. Б. Сочавы (1978), планетарный уровень предполагает изучение сезонной ритмики всей биосферы и географической оболочки планеты. Задачу изучения сезонных пульсаций биосферы поставил В. И. Вернадский (1926, 1967). К исследовательским работам планетарной размерности относятся фенологические карты мира, весьма немногочисленные в настоящее время. Контин-

ментальный уровень – это фенологическое изучение территории континентов и физико-географических поясов. К уровню этого ранга следует отнести исследования, результатами которых являются фенологические карты, охватывающие территорию России (или отдельно европейскую и азиатскую ее части), территорию стран Восточной, Центральной Европы, США и т. д. На региональном уровне изучается территория географических провинций и физико-географических областей. Например, краевые, областные и республиканские фенологические и агрометеорологические справочники и карты, фенологические исследования и материалы отдельных европейских и азиатских государств и Штатов США. Топологический уровень предполагает изучение фенологических особенностей отдельных ландшафтов и их частей – урочищ и фаций. Это фенологические разделы характеристик ландшафтов, календари природы отдельных географических пунктов, заповедников, научных стационаров, ботанических садов, парков и т. п. Теоретические исследования охватывают все направления фенологического прогнозирования, феноиндикационной фенологии и вопросы методологии.

Прикладная фенология изучает применение теоретических знаний о сезонной динамике и методах фенологических исследований в практической деятельности человека. В.А. Батманов относил к прикладной фенологии всё, что большинство фенологов включали в понятие фенологии вообще. Исследования прикладной фенологии дифференцируются по принадлежности объекта или цели исследования к какому-либо разделу знаний или отрасли народного хозяйства: фитофенология, зоофенология, гидрофенология, фенология ландшафтов и т.д. И.Н. Елагин (1976) предлагал выделять экологическую фенологию. На нужды народного хозяйства работают сельскохозяйствен-

ная фенология, охотничье-промысловая, лесохозяйственная и т.д. (см. рис.1).

Прикладная фенология представляет собой конгломерат самостоятельных и полусамостоятельных дисциплин, отдельных разделов фундаментальных наук, практических служб и т.п., решающих с помощью фенологических методов собственные задачи, связанные с сезонным развитием своих объектов. Теоретическая фенология для прикладной является своего рода алгоритмом решения задач в обобщенном виде (Куприянова, 2010).

Хозяйственная деятельность человека, связанная с любой формой природопользования, требует грамотного планирования сроков проведения хозяйственных мероприятий. Это становится еще более актуальным в условиях изменяющегося климата с резкими колебаниями местных погодных условий. Только ежегодные наблюдения за текущими сезонными процессами в конкретной местности дадут возможность проследить тенденции изменений природных процессов, что в свою очередь позволит грамотно планировать оптимальные сроки проведения сезонно-зависимых работ.

Как видно, система фенологических знаний весьма обширна и охватывает довольно значительный круг вопросов теоретической и прикладной значимости. На рис. 2 представлена система, где отражены основные области фенологических исследований и их соотношение друг с другом (по Овдиенко Н.А., 2010).

Развитие фенологии как отдельной отрасли знаний вызвано запросами практики. Особенно велико ее значение для сельского хозяйства. Одним из основных условий успеха посевной, уборочной, сенокосной и других сельскохозяйственных кампаний является умелое планирование сроков их проведения на изменчивом и капризном фоне сезонного развития природы в разных геогра-

фических областях и в различные по погодным условиям ГОДЫ.

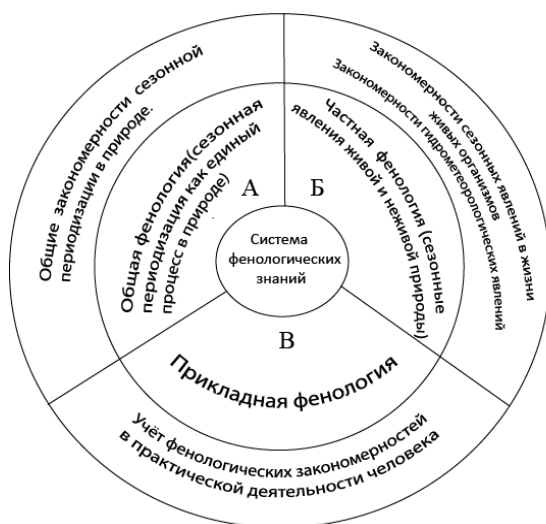


Рис.2. Система современных фенологических знаний (по Овдиенко Н.А., 2010).

Разобраться в сезонном развитии природы конкретного года работникам сельского хозяйства помогают яркие, заметные сезонные явления – **феноиндикаторы** (см. п.1.3.), наступление которых должно восприниматься как сигнал к началу работ определенного вида.

Например, в Подмоскowie лучший срок посева ранней моркови, свеклы, овса и гороха совпадает с началом пыления осины; посадка огурцов - с зацветанием сирени. Более поздняя посадка (даже на 5 дней) понижает урожай в целом на 10%. На Среднем и Южном Урале наступление условий, необходимых для посадки картофеля и посева кукурузы в связи с устойчивым прогреванием почвы на значительную глубину, совпадает с цветением черемухи. Зная особенности сезонного развития различных сортов сельскохозяйственных культур совершенно можно правильно их разместить. На Среднем Урале в низинах

заморозки начинается раньше, а заканчиваются позже, чем на склонах. Поэтому в низинах рекомендуется сажать и сеять культуры и сорта скороспелые, морозостойкие, с коротким вегетационным периодом, а на невысоких пологосклонных увалах и холмах - более требовательные к теплу.

При выгоднейших моментах сезонного развития природы проводятся также мероприятия по борьбе с сорняками, насекомыми-вредителями и болезнями культурных растений. Применительно к особенностям сезонной ритмики природы сорта сельскохозяйственных культур районированы в каждой области. В животноводстве таким же образом регулируются сроки стойлового и пастбищного содержания скота, запасаются корма. Особенно важно правильно учитывать изменчивый ход сезонной ритмики природы в отгонном животноводстве. В развитых странах, в частности в США, фенологические сведения являются предметом бизнеса. Фермеры ежегодно покупают сводки с прогнозом развития сельскохозяйственных культур.

Рыболовецкий флот планирует свою работу, учитывая сроки замерзания водоемов и сезонные миграции рыбных косяков. Отсюда понятия «весенняя» и «осенняя» путина. Рациональное ведение шелководства и пчеловодства невозможно без знаний хода облиствения шелковицы и цветения растений-медоносов. В лесном хозяйстве лесозаготовки, сплав леса, а также все лесокультурные работы теснейшим образом связаны с сезонным состоянием природы. Сроки сбора ягод, орехов, грибов, лекарственного и технического растительного сырья определяются не гражданским календарем, а определенными этапами сезонного развития местной природы, различными в разных географических областях и в разные годы. Охотники и работники пушного промысла планируют свою работу исходя из тех же закономерностей – сроков миграции промысловых птиц, пушных зверей, сроков охоты и запретных для охоты периодов.

Со сменой времен года приходится считаться и в деле здравоохранения: некоторые заболевания связаны с сезонами, а переносчики болезней, например малярийные комары и энцефалитные клещи, особо опасны также в определенные времена года. Проведение мероприятий по охране природы немислимо без знания закономерностей сезонной динамики природы. Изучать, теоретически обобщать сведения о сезонных явлениях природы нужно для того, чтобы иметь теоретическую базу для планомерной, научно обоснованной организации деятельности во всех отраслях хозяйства и ряда мероприятий, так или иначе связанных с сезонной периодичностью природы.

Фенологические наблюдения оформляются в виде фенологических карт, календарей природы, различных сводок, графиков, диаграмм и т.п.

Повышается интерес официальной науки к фенологической информации. Решение одной из наиболее актуальных научных проблем – современных изменений климата – оказалось невозможным без оценки значимости этих изменений для состояния различных природных сред. А ведь фенологические данные позволяют давать прямые ответы на многие вопросы в рамках обсуждения данной проблемы относительно биосферы. Подтверждением этому выводу может служить включение раздела «Разработка проекта и создание подсистемы сбора, обобщение и анализа фенологических, дендрохронологических и лихенологических данных, характеризующих антропогенные изменения биотического компонента климатической системы» в Федеральную целевую программу «Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий». В Минприроды разрабатывается современная концепция развития науки в заповедниках, включая и перспективы использования материалов «Лето-

писи природы», основу которых составляют данные фенологических наблюдений.

Ещё одно важное направление по пути расширения сети корреспондентов, повышения эффективности наблюдений и использования информации – внедрение фенологических наблюдений в практику преподавания естественнонаучных дисциплин школ и вузов. В процессе педагогической и культурно-воспитательной деятельности сезонные наблюдения в природе являются основой получения новых знаний и формирования нравственных качеств человека. Это позволяет определять фенологические исследования как форму распространения знаний и воспитания. Преимущество фенологических методов, как формы работы педагога с детьми, состоит из совокупности обучения и воспитания с большой степенью наглядности, для формирования опыта творческой исследовательской деятельности учащихся, развития познавательного интереса к изучению природы. Это вызывает у обучающихся повышенный интерес к работе над определенной тематикой, и на основе этого – более углубленное и прочное усвоение учебного материала. Большое значение в этом направлении может сыграть использование компьютерных технологий при обработке результатов наблюдений, их представления, и обсуждения в сети Интернет.

К сожалению, учебной фенологической литературы в последнее время публикуется совсем немного, и почти вся она издается небольшим тиражом и недоступна для массового читателя. Последние крупные работы вышли более 10-30 лет назад. Из них надо отметить книгу Г.Э. Шульца «Общая фенология» (1981), в которой имеется большой список советской и зарубежной литературы по фенологии, а также унифицированное руководство для добровольной фенологической сети «Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка)» (1982). В 2000 году в

Москве вышла в свет книга А. А. Минина «Фенология Русской равнины: материалы и обобщения», содержащая обширный и разноплановый анализ многолетних фенологических материалов. Одновременно в Екатеринбурге изданы «Фенологические наблюдения во внеклассной краеведческой работе» (Куприянова и др., 2000). Книга ориентирована на учителей средних школ. В ней помещены разнообразные практические работы, приуроченные к разным сезонам года, и подробно изложена методика их организации и обработки материалов.

1.3. Основные понятия фенологии

В фенологии сезонная динамика геосистем учитывается с помощью фенологических наблюдений, т.е. зависит от дат (число, месяц, год) наступления сезонных явлений природы в определенных географических пунктах. При характеристике сезонной динамики используются широко распространенные и четко проявляющиеся, легко и точно наблюдаемые сезонные явления различных систем, не требующие для регистрации специальной аппаратуры. К таким явлениям относятся **фенологические фазы** (фенофазы). **Фенофаза** - определенный этап, стадия или период в развитии объекта. Этим общая фенология отличается от частных географических дисциплин (метеорология, гидрология).

Примерами сезонных явлений в неживой природе умеренных широт² служат:

в атмосфере	первые и последние заморозки, повредившие теплолюбивые растения; первые и последние снегопады; первый морозный день;
-------------	--

² Сезонные явления в органической природе рассмотрены в главах 4-5.

	первый и последний дождь в аридных областях; появление первых и последних типичных кучевых облаков; первая и последняя гроза, зарница
в гидросфере	замерзание осенью и вскрытие весной озер и прудов; появление первых закраин, первой полыньи; ледостав; возможность переезда или перехода по льду; первая подвижка льда на реке; ледоход; полное очищение реки ото льда
на поверхности почвы	установление и разрушение снежного покрова (на открытых местах, в лесу, в оврагах); заморозки перед установлением снежного покрова и после.

Основными временными показателями в фенологии являются **фенодаты** – календарные даты наступления сезонного явления в данном географическом пункте. Наиболее сложно установить фенодаты постепенного наступления сезонных явлений. Для полного описания их динамики требуются длительные систематические наблюдения. С целью сопоставления сроков начала, максимального развития и окончания постепенно протекающих событий, приходится устанавливать условные границы.

Следующим временным фенологическим показателем является **фенологический интервал**, т.е. длительность периода между двумя сезонными явлениями. Например, в окрестностях Екатеринбурга черемуха начинает цвести 19 мая, а поспевать – 25 июля (В.А. Батманов, 1952). Фенологический интервал между этими двумя явлениями соответствует периоду созревания, и равен 67 суткам. Сопоставление длин аналогических фенологических интервалов является одним из основных приемов фенологических ис-

следований. Отклонение срока наступления явления в конкретном году от средних многолетних, выраженное в сутках, называется *феноаномалией*. В случае запаздывания явления феноаномалия считается положительной, если наблюдается опережение – отрицательной. Если сезонные явления наступают раньше своих многолетних сроков, то считается, что они протекают *экспрессивно*, а если запаздывают, то *депрессивно*.

Сезонное явление, наступление которого используется в качестве указателя вероятного срока наступления другого или других сезонных явлений называется *фенологическим индикатором (феноиндикатором)*. Феноиндикаторы могут выполнять сигнальную и прогнозную функции. Сигнальная функция основана на том, что в природе большие группы сезонных явлений наступают одновременно (синхронно). Установив дату наступления одного из явлений синхронной группы, можно считать, что другие явления данной группы наступили или наступят в очень близкое время. Прогнозная функция феноиндикаторов основана на относительной устойчивости фенологических интервалов (см. пример на с.14).

С целью достижения сопоставимости фенологических наблюдений проводимых разными исследователями, используются унифицированные программы фенологических наблюдений, методические указания к ним, атласы фенофаз растений и сезонных явлений мира животных.

Контрольные вопросы и задания:

1. Приведите доказательства того, что фенологию необходимо изучать в цикле физико-географических дисциплин.
2. Каково практическое значение фенологии?
3. Почему фенология делится на общую и частную? В чем существенное различие этих двух направлений?
4. Выпишите в тетрадь определение основных понятий, используемых в фенологии.

Глава 2. История развития фенологии

2.1. Зарождение и становление фенологии

Зарождение элементов наблюдений за сезонным развитием природы в связи с собирательством, охотой и примитивным сельским хозяйством уходит своими корнями в глубокую древность. Первые упоминания о фенологических наблюдениях приводятся в трудах античных авторов. Например, у греческого философа Теофраста (372-287 г. до н.э.), римского писателя Плиния младшего (62-114 год н.э.).

В древнейших приречных земледельческих цивилизациях проводились наблюдения за режимом рек: египетские жрецы около 6 тыс. лет назад стали измерять уровень ежегодных половодий на Ниле на специально оборудованных постах. Вся жизнь Египта была привязана к его сезонным циклам, каждый из которых разбивался на периоды: наводнения, русла (сезон посева) и обмеления (сезон сбора урожая).



В Японии уже несколько тысячелетий скрупулезно ведутся и записываются фенологические наблюдения в сосновых борах за урожайностью мацутаке (т.н. «сосновых грибов»).

В японском дворце Микадо (812г.) велись наблюдения за пением птиц. С помощью первичного метода регистраторов срока накоплены самые длинные фенологические ряды (50, 100 лет и более). Самым длинным из известных фенологических рядов является 12-тивековой ряд наблюдений за началом зацветания вишни. Выявлено, что в IX-XIV вв.

Феофраст
(372-287 г. до н.э.)

вишня в Японии зацветала на неделю раньше, чем в XI-XVI веках (Аракава, 1975)³.

Так же, как и в других древних государствах, где земледелие было основным занятием населения, и календарь природы был необходим для предсказания сезонных изменений погоды и разливов рек, в Китае во II тыс. до н.э. были заложены основы летоисчисления на основе наблюдений за фазами Луны. Год в древнем Китае начинался с 23 декабря, в период зимнего солнцестояния. Были выделены два межсезонья к уже известным четырем сезонам (зима, весна, лето, осень). Более подробная градация года позволяла земледельцам точнее определять сроки сева, жатвы и других не менее важных сельскохозяйственных работ. В Западной Европе были созданы древние деревянные календари, на которых сельские жители делали отметки дат повторяющихся явлений природы. Им жизненно важны были такого рода знания, чтобы успешно заниматься сельским хозяйством, охотой и рыболовством.

Интересные находки были сделаны на землях полян - восточных славян (Киевская и Волынская области и Молдавия, III - IV вв н.э.). На глиняных кружках-кувшинах и на кубке, являющимся ритуальным предметом, нарисованы календари. Внутри круга - древнеславянские названия месяцев, снаружи - современные названия. Фактически это был народный земледельческий календарь (рис.3). Результаты наблюдений древних славян за сезонным развитием природы отражены в названиях месяцев года: январь – «студень», февраль – «лютый», май – «травень». Подобного рода сведения в России стихийно оформились в виде большого свода пословиц, поговорок, примет, связывающих

³ Эти данные особенно важны в связи с мониторингом климата. Результаты фенологических наблюдений были использованы учеными для обоснования малой ледниковой эпохи, апогей которой приходился на 1590-1850 гг. Ледниковая активизация началась с XII-XIV вв.

определенные даты и фенологические явления в природе, со сроками земледельческих работ и предсказаниями погодных условий – «Пора пахать, когда гром гремит, лес в листву одевается, жаворонок запел, а лягушки начинают квакать»».

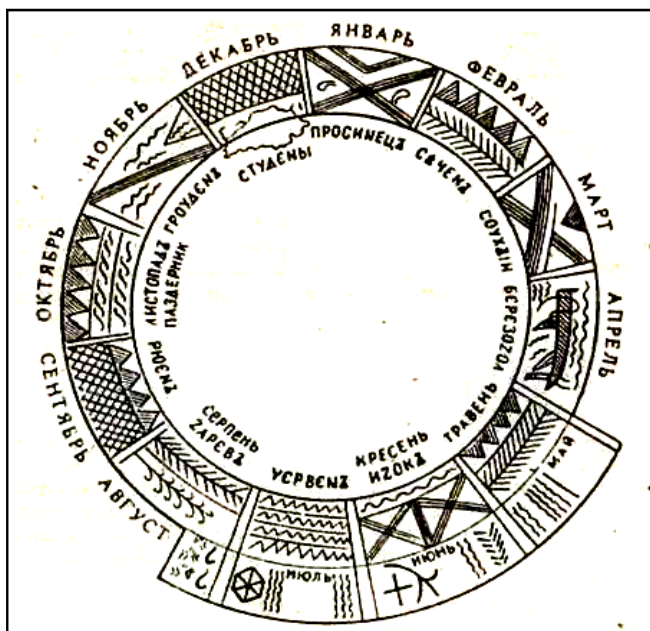


Рис 3. Сводная схема календарей, нанесенных на кружку и на кубки (Эфросман, 1984).

Начиная со средневековья, в монастырях систематически записывали даты наступления фенологических явлений у наиболее важных видов растений и животных, а также погодные аномалии и их последствия. В летописях Краковского монастыря (1490 г.) также обнаружены записи, отражающие результаты наблюдений, связанных с сезонным развитием природы. В русских летописях сохранились сведения о неурожаях и погодных бедствиях за несколько

столетий. Однако эти материалы оставались без систематизации и научной обработки.

Самым распространенным и узнаваемым календарем у северных народов - коми - является круглый металлический промысловый календарь. В основу деления года на периоды («месяцы») положены годовые биологические ритмы промысловых животных: период медведя – 22.03-27.04, период оленя – 28.04-02.06, период горностая – 03.06-04.07, период росомахи – 05.07-09.08, период лося – 10.08-04.10, период выдры – 05.10-19.12, период лисицы – 20.12-24.01, период белки – 25.01-21.02, период куницы – 22.02-21.03.

Значение наблюдений над сезонными явлениями природы хорошо понималось в России еще в начале 18 века. Так, в 1721 году Петр 1, дав указание о выборе наиболее благоприятных участков для разбивки парков в окрестностях Петербурга, предложил А.Меншикову присылать ему еженедельно засушенные «дубовые, рябиновые и березовые сучки и цветы, а также травяные листочки ...с надписанием чисел, дабы узнать, где раньше началась весна». В 18 в. зародилась научная фенология. В 1735 г. французский ученый **М. Реомюр** доложил в Париже о результатах своих исследований над ходом развития хлебов в зависимости от уровня температуры.

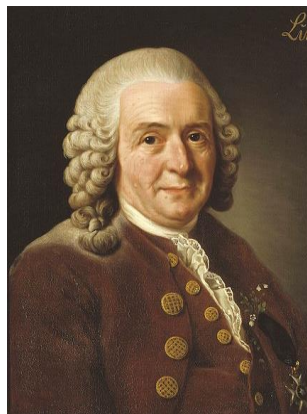


Круглый металлический промысловый календарь коми



М.Реомюр
(1683-1757)

В 1748 г. в Швеции начал вести записи о сроках наступления сезонных явлений Карл Линней, а в 1750 г. он организовал первую сеть корреспондентов-наблюдателей на территории скандинавских стран. Они использовали феноиндикаторы, например, сроки наступления цветения, созревания плодов и листопада древесных пород, для характеристики климатических особенностей различных географических районов и погодных условий отдельных лет. Сеть состояла из 18 станций и просуществовала недолго.



Карл Линней
707-1778)

В 1759 г. была опубликована статья Эртеля «Рассуждение о причине, для чего дерева в Москве и здесь (в Петербурге) в одно почти время плоды приносят». Она являлась первой фенолого-географической публикацией в российской научной литературе. В странах Западной Европы со второй половины XVIII в. многие исследователи начали вести систематические записи фенологических наблюдений.

Родоначальником российской фенологии достойно признан агроном Андрей Тимофеевич Болотов. Свои наблюдения он изложил в трех рукописях: «Письма о красотах природы», «Кунст-камера природы, или собрание записок, относящихся до красоты и приятностей природы» и «Живописатель природы, или опыты сочинениям, относящимся до красоты природы и увеселения себя оными». А.Т. Болотов везде подчеркивал



А.Т. Болотов
(1738-1833)

связь вегетации растений с сезонными изменениями погоды. Он впервые установил аспектность в растительном покрове. Из современников А.Т. Болотова в первую очередь назовем директора петербургского Аптекарского огорода И. П. Фалька и академика П. С. Палласа, которые вели фенологические и метеорологические наблюдения в приволжских районах, на Урале, в Западной Сибири. Уже в 60-е годы XVIII века они наладили регулярное изучение сезонной ритмики.



П. С. Паллас
(1741-1811)

В 18 в. фенологические наблюдения по инструкциям Мангеймского метеорологического общества проводились в Пышминском заводе на Урале. Аналогичные наблюдения, кроме этого пункта, в России проводились еще в Москве и Петербурге. За 1790 и 1791 гг. результаты наблюдений были опубликованы в отчетах общества.

В 1841 г. бельгийский статистик и фенолог А. Кетле опубликовал первую интернациональную программу наблюдений за сезонными явлениями природы для массовых корреспондентов, рассчитанную для стран Центральной и Западной Европы.

В 1845 г. идея была подхвачена Русским Географическим Обществом (РГО), издавшим в 1848 г. свою программу наблюдений за сезонными явлениями природы на востоке Европы. В 1854 г. РГО опубликовало первую в мире географическую сводку фенологических наблюдений 120 корреспондентов. В середине 19 в. в России местными научными работниками и любителями было собрано столько фенологических наблюдений, что А. Ф. Миддендорф в 1855г. смог опубликовать первую в мировой практике

фенологическую карту с изолиниями одновременных сроков прилета птиц. Систематические наблюдения в Финляндии начались в 1846 году по инициативе финского научного общества. Работы проводились добровольцами, и продолжались вплоть до 1965 года.

На Урале фенологические наблюдения широко развернулись позже, с созданием в 1870 г. Уральского общества любителей естествознания (УОЛЕ). Организатором фенологической сети был О. Е. Клер. Им была разработана специальная программа, которая рассылалась в различные пункты Урала. Оттуда фенологическая информация возвращалась обратно и концентрировалась в архивах УОЛЕ. В 80-е гг. сеть объединяла в своих рядах максимальное число наблюдателей.

Первая уральская сеть прекратила свое существование к 1902 г. Собранные материалы в значительной степени остались необработанными.

В России в системе Географического общества сеть наблюдений в 1885 г. организовал крупнейший климатолог А. И. Воейков. Исключительная заслуга в становлении отечественной фенологии принадлежит Дмитрию Никифоровичу Кайгородову, чье имя присвоено фенологической сети нашей страны. Еще в 1871 году он реализовал обширную программу фенологических наблюдений. Самая важная научная заслуга Д. Н. Кайго-



А. Ф. Миддендорф
(1815-1894)



О.Е. Клер
(1845-1920)

родова - создание добровольной фенологической сети в России. Многолетняя пропаганда фенологических наблюдений, которую он вел, воспитала сотни наблюдателей, составивших прочное ядро российской фенологической науки.

В 80-х годах 19 века обозначился новый подъем фенологических исследований. Значительную роль в этом сыграла деятельность Г. Гофмана и его ученика Э. Ине в Германии. Все важнейшие страны Европы, Япония и несколько позже США организовали сети фенологических наблюдений.

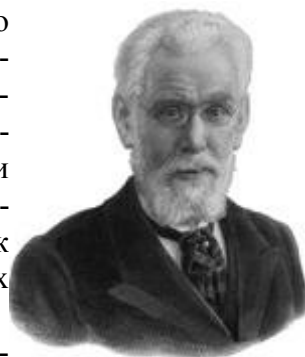
К концу 19 в. в фенологии наметилось два основных направления: *географическое* и *биологическое*.

Фенологи-географы: Ш. Анго (Франция), Э. Ине (Германия), Э. Гопкинс (США), Д.Н. Кайгородов (Россия) - составили серии фенокарт, дающих представление о продвижении важнейших сезонных явлений по различным территориям и приступили к разработке учения о фенологических временах года.

Фенологи-биологи: Ж.Б. Буссенго (Франция), Г.Гофман (Германия-Россия), К. Линсер, А. Эттинген (Германия), - искали закономерности, связывающие сроки наступления сезонных явлений в жизни растений и животных с ходом метеорологических и



А. И. Воейков
(1842-1916)



Д.Н. Кайгородов
(1846-1924)

иных факторов. Это был период расцвета учения о суммах температур.

В 1922 г. в Германии была организована Государственная фенологическая служба, включающая и научно-исследовательское фенологическое отделение. Служба эта с успехом продолжает свою деятельность в Германии до настоящего времени. В 20-х и 30-х годах фенологические службы были созданы в Нидерландах, Австрии, Швейцарии, Японии.

После Октябрьской революции в СССР фенологи играли заметную роль в общественном краеведческом движении 20-х- 30-х годов. Фенология как биологическая дисциплина внедрялась во все смежные науки - ботанику, агрометеорологию, экологию и географию. В 1924 году Д. О. Святский на Московской конференции по краеведению предложил минимальную программу фенологических наблюдений в пределах всей страны.

Вплоть до 30-х годов руководство фенологией осуществляло Общество любителей мироведения, в журнале которого фенологи помещали свои материалы. Начиная с 30-х годов руководство фенологией переходит в ведение Центрального бюро краеведения, затем снова передается в Географическое общество. В эти годы краеведческой фенологической сетью руководил А.П. Шиманюк, который совместно с А. А. Шиголевым обобщил наблюдения сети в монографии «Сезонное развитие природы Европейской



Ж.Б. Буссенго
(1802-1887)



Д.О. Святский
(1881-1940)

части СССР» (1949 г.).

Ведущими фенологами за это время было составлено несколько программ наблюдений. Получили известность принципы графического построения хода развития растительного сообщества или отдельного вида (фенологические спектры В. Н. Сукачева и А. П. Шенникова), биоклиматического картирования (фенологические карты Н. П. Смирнова и В. А. Батманова), расчета суммы эффективных температур, необходимой для начала того или иного порога развития растений (работы А. А. Шиголева).

К 30-м годам в России было положено начало ряду ведомственных государственных фенологических служб: сельскохозяйственная фенологическая сеть Гидрометеослужбы СССР; Сеть государственных сортоиспытательных участков. При Ленинградской лесотехнической академии под руководством Г. Г. Доппельмайера и М. Н. Римского-Корсакова была создана фенологическая сеть, обслуживающая запросы лесного ведомства.

В первой половине XX в., помимо значения фенологии для прикладных целей, было обосновано ее значение для биологических наук, особенно для развивающейся биоценологии, изучающей жизнедеятельность растительных и животных сообществ. Взаимосвязи между компонентами сообществ могут быть поняты только в их сезонной динамике. Следует отметить работы зарубежных агрометеорологов: Дж. Ацци (Италия), Н. Т. Натансона (США) и Ф. Шнелле (ФРГ). В Германии долгие годы с успехом развивал учение о фенолого-географических закономерностях Э. Ине. Аналогичную работу в США проделал А. Гопкинс, автор биоклиматического закона» (Hopkins, 1938). Большой вклад в это направление внесли советские ботаники: В.Н. Сукачев, Г.Н. Высоцкий, В.В. Алехин, А. П. Шенников, А. П. Шиманюк; зоологи А. А. Браунер, М. Н. Римский-Корсаков, Н. С. Щербиновский и др.

Работы по фенологии биоценозов подготовили почву для развития учения о сезонной ритмике геосистем. Ряд разделов фенологии разрабатывался представителями советской агрометеорологической школы: П.И. Броуновым, Г. Т. Селяниновым и учениками.

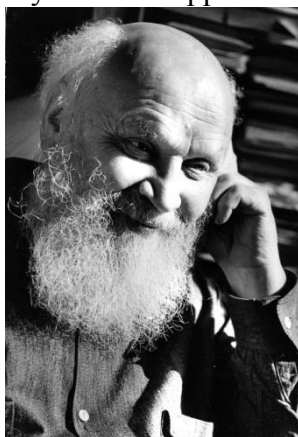
Продолжалось развитие фенологии и в послевоенные годы в России. Для географической науки особое значение имели фенологические наблюдения, проводимые в системе государст-

венных заповедников и на лесных опытных станциях. Приемницей краеведческой фенологической сети являлась Добровольная фенологическая сеть Географического общества СССР, насчитывавшая в конце 60-х г.г. около 4000 корреспондентов и охватившая значительную часть территории СССР. Большое распространение получило фенологическое картографирование (В. А. Батманов и др.). Советская географическая наука, обобщив материалы фенологических служб и сетей, создала учение о сезонной ритмике ландшафтов как целостных систем (Л. С. Берг, С. В. Калесник, В. Б. Сочава, Н. Н. Галахов и др.).

В 1981 г. вышла книга первого руководителя фенологического сектора Русского Географического Общества Г.Э Шульца «Общая фенология», где были освещены все теоретические, методические и прикладные аспекты фенологии. В 2002 г. выпущен учебник



В. Н. Сукачев
(1880-1967)

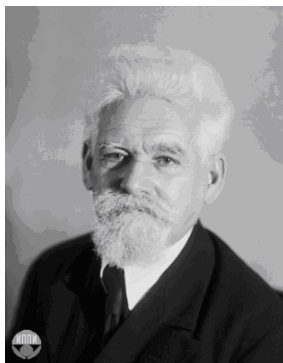


В.А. Батманов
(1900- 1980)

В.Г.Федотовой «Основы фенологии» в двух частях – теоретический и практический курсы.

До сих пор проводятся фенологические наблюдения в государственных заповедниках и на научных станциях. Ведущими фенологами за это время было составлено несколько программ наблюдений. Получили распространение метод построения фенологических спектров, фенологическое картографирование, расчет суммы эффективных температур, необходимой для наступления той или иной фазы развития растений.

Научно-исследовательские учреждения и организации биологического и физико-географического профилей во многих городах России и странах СНГ создали свои фенологические направления и школы. Московский центр Русского Географического общества совместно с Институтом глобального климата и экологии Росгидромета и Российской Академией наук курирует фенологические наблюдения более чем в 20 регионах Европейской части России. Можно предполагать, что дальнейшее развитие фенологических исследований, особенно если к ним подходить как к части эколого-географического мониторинга сезонного развития природных объектов, весьма актуально и имеет обнадежива-



Л.С. Берг
(1876-1950)



С.В. Калесник
(1901-1977)



В. Б. Сочава
(1905-1978)

ющую перспективу. Практика фенологических исследований выявила необходимость международного сотрудничества. Международная метеорологическая организация в конце 20 века рекомендовала согласовывать фенологические наблюдения разных стран и разработала свой проект программы основных, обязательных для всех фенологических наблюдений. Проект этот исходил из природных условий Центральной Европы. Для природных условий России эта программа не вполне подходит. Однако идея о согласовании фенологических наблюдений разных стран заслуживает внимания и дальнейшей разработки.

2.2. Развитие фенологии на Урале

На Урале, как, впрочем, и в других областях России, развитие фенологии происходило волнообразно. Первая небольшая и непродолжительная по времени волна фенологических исследований пришлась на конец XIX века и первые годы XX. Она была связана с деятельностью УОЛЕ (Уральского Общества Любителей Естествознания) и, в частности, ученого секретаря общества О.Е. Клера.

Вторая волна, самая высокая и максимальная по продолжительности, наблюдавшаяся в России в 20-30-е годы прошлого столетия, была обусловлена грандиозным всплеском народной активности по изучению сезонных явлений в эти годы и распространилась по всей стране. Одним из основных организаторов Уральской сети добровольных корреспондентов-фенологов был В.А. Батманов. В 30-е годы она объединяла около 3000 наблюдателей и составляла примерно 40% общесоюзной. Были собраны огромные материалы. Уральская область в то время включала, кроме Свердловской, еще Пермскую, Челябинскую, Тюменскую области и территорию Башкирии. Результаты наблюдений концентрировались в Свердловске в фенологической комиссии сначала УОЛЕ, а затем УОБК, и обра-

батывались. В.А. Батмановым составлены программы фенологических наблюдений, - всего 14 изданий, ежегодно публиковались фенологические обзоры, по материалам был написан ряд статей. В 1934 г. вышла уникальная биоклиматическая карта Уральской области «Весеннее развитие растительности» по 7 весенним явлениям. Эта карта по величине картографируемой территории и информативности не имела себе равных.⁴ Впоследствии Батманов стал ведущим специалистом по фенологическому картографированию.

Годы большого террора и репрессий, а также последовавшая за ними Великая Отечественная война ознаменовали собой конец второй, максимальной волны развития фенологического движения на Урале. Но даже без этих экстремальных событий Батманов уже в середине 30-х стал чувствовать бесперспективность дальнейшего роста численности фенологической сети. В 1936 г. он выступает на первом Всесоюзном фенологическом совещании в Москве, где начинает продвигать в жизнь свою идею о подготовке квалифицированных кадров и о развитии фенологических исследований на местах. Он считал, что Централизованная структура фенологических сетей себя исчерпала и фенолог-наблюдатель должен сам уметь спланировать исследование, проанализировать результаты и сделать практические выводы, минуя центральную организацию. При такой постановке вопроса нужны были новые методы исследований и обученные кадры для их применения. Именно поэтому в 50-60-е годы, когда стала подниматься новая, третья волна фенологического краеведческого движения в стране, В.А.Батманов, согласившись возглавить фенологическую секцию Свердловского областного совета краеведения и Свердловского филиала ВГО, не стал заниматься восстановлением феносети в Свердловской области. Он обучал молодежь новым методам фенологических исследований. В

⁴ Часть этой карты в 1997 г. переиздана в атласе Свердловской области.

фенологической секции были географы, биологи, зоологи, метеорологи, педагоги. Математическое обоснование фенологических методов он брал на себя, с упорством овладевая высшей математикой и особенно математической статистикой. Каждый член фенологической секции имел свою тему научных исследований и разрабатывал ее с помощью данных методов с перспективой написания кандидатской диссертации. К этому времени В.А.Батманов был общепризнанным специалистом по фенологии в стране. Он консультировал десятки организаций и отдельных лиц, публиковал свои работы. В. А. Батманов позже составляет фенологические карты не только для Урала и приуральских территорий, но и для всей страны. Карта «Сроки начала цветения черемухи и на юге СССР – вишни», опубликованная в «Атласе СССР» (М. ГУТК, 1969), считается непревзойденной по математической обоснованности и объему информации. Владимир Алексеевич - создатель новой методики фенологического картографирования, принятой системой Гидрометслужбы страны. Кроме того, он разработал стройное учение о методике фенологического наблюдения. В. А. Батманов в число задач фенолога включил определение фенологического состояния объекта на какое-то календарное число и разделение территории на зоны с различным фенологическим состоянием объекта в заданный день. Его методика дает возможность зафиксировать динамику сезонных процессов во времени целиком, а не одну-две точки, как было при прежнем подходе. Полученные данные хорошо поддаются математической обработке. Широкое применение новых методов способствовало решению проблем фенологической индикации и прогнозирования на более высоком научном уровне. Идея нового типа исследований сезонной динамики сообществ – способом комплексных фенологических характеристик растительности – в настоящее время достаточно успешно развивается и апробируется

последователями Батманова (Куприянова, 2010).

В 1970 г. на Всесоюзном семинаре по теоретической фенологии и математической статистике, приуроченном к 70-летию со дня рождения В.А. Батманова, в докладе, посвященном жизни и научной деятельности юбиляра, ректор УрГУ, член-корреспондент АН СССР Б.П. Колесников сказал: «Чествуем в связи с 70-летием выдающегося советского фенолога В.А. Батманова, основателя и главу уральской (Свердловской) научной школы фенологов». Список работ, опубликованных В.А. Батмановым, составляет 120 наименований, его последователей - намного превышает 200. В 2010 году вышла в свет книга «Патриарх фенологии» о жизни этого выдающегося советского ученого (авторы М.К. Куприянова, Т.И. Кузнецова).

В настоящее время фенологическая секция Свердловского филиала РГО преобразована в Научный фенологический Центр. Последователями идей В.А. Батманова являются преподаватели кафедры физической географии УрГПУ. Это М.К. Куприянова, Т.И. Кузнецова, Н.В. Скок, Е.Ю. Терентьева, О.В. Янцер. В своих исследованиях сезонного развития природных комплексов различного ранга на Урале и в других районах России они активно применяют методики, предложенные Батмановым, и на основе его идей разрабатывают и апробируют новые количественные методы фенологических наблюдений.

Контрольные вопросы:

5. Кто из ученых является основоположником научной фенологии?
6. Каково значение трудов М. Реомюра и К. Линнея для развития фенологии?
7. Перечислите имена ученых, внесших вклад в развитие фенологических исследований на территории России и Урала.
8. Какова роль теоретика и практика В.А. Батманова в разработке учения о сезонном развитии природы?
9. Каково современное состояние и перспективы развития фенологии?

Глава 3. Сезоны года и их деление

3.1. Понятие о естественной периодизации года

Центральной, и, в известном отношении самостоятельной, частью фенологической характеристики территории является фенологическая периодизация. Это разделение года на качественно различающиеся фенологические периоды – сезоны и подсезоны, каждому из которых свойственно специфическое состояние объектов живой и неживой природы и особое их взаимодействие. Фенологическую периодизацию называют естественной, чем подчеркивается ее принципиальное отличие от универсального для всех территорий гражданского календаря. Отличие это состоит в том, что для каждой конкретной территории даются не условные, а реальные сроки перехода природы из одного сезонного состояния в другое. Естественная фенологическая периодизация исходит из того, что каждому времени года присущ строго определенный специфический набор сезонных явлений (Фенологические наблюдения, 1982, с.12).

Основное подразделение естественной фенопериодизации – сезон. Они отличаются друг от друга, помимо величины радиационного баланса, разнокачественным термическим режимом, влагооборотом и биологической активностью. Каждому сезону свойственны свои явления и аспекты, набор которых определяется структурой ландшафта.

Внетропическим территориям свойственна четырехсезонная структура годового круга природы: весна, лето, осень и зима (Шульц, 1981). Северная граница четырехсезонной полосы в Европе совпадает с южной границей тундры; в Азии она проходит южнее: через Тобольск, Томск, севернее Благовещенска, пересекает о. Сахалин по 50-й параллели, полуостров Камчатка - по 56-57-й парал-

лелям; в Америке - севернее полуострова Аляска, южнее залива Джеймса, по полуострову Лабрадор и южной оконечности о. Гренландия. К северу от этой границы лето прохладное и очень короткое, зима суровая и продолжительная, весна и осень холодные.

Естественные (фенологические) сезоны – одно из традиционных понятий в фенологии. Это «качественно отличные этапы годичного круга природы с однотипными взаимосвязями между ее компонентами и со специфическими для каждого этапа наборами сезонных явлений и аспектов» (Шульц, 1981). Сезоны можно разделить на части – подсезоны (субсезоны), аналогичные месяцам гражданского календаря. Более мелкие подразделения, соответствующие декадам или неделям, называют ступенями.

Естественные сезоны, в отличие от сезонов астрономического и гражданского календарей наступают в разных географических районах не одновременно и, как правило, протекают в разных районах с разной скоростью. Изменчивы также календарные сроки наступления фенологических сезонов в одной и той же географической точке, но в разные по погодным условиям годы.

Практическое значение естественных сезонов состоит в том, что все сезонные работы в сельском и лесном хозяйствах и других отраслях, где работы ведутся под открытым небом, а также многие оздоровительные мероприятия и туристские походы проводятся не по гражданскому, а по естественному (фенологическому) календарю (Шульц, 1981).

3.2. Границы сезонов

В основе любой естественной периодизации года лежат два критерия – *климатический и фенологический* (Буторина, 1979; Шульц, 1981; Окишева, 1982 и др.). Разные исследователи неоднозначно решают вопрос о прио-

ритете климатического или фенологического критериев. Неоспорим тот факт, что сезонные изменения природы обусловлены годовым ходом климатических условий. В умеренной зоне ведущую роль в этом процессе занимает смена радиационного баланса и зависящего от него термического режима (Шульц, 1981; Железная, 1994; Beerling, Woodward, 1994; Kramer, 1995). Температура воздуха – важнейший элемент климата, хорошо отражающий воздействие всех элементов климатообразования, и, как следствие этого, характеризующийся ярко выраженной сезонной изменчивостью. В едином ходе температур их постепенное количественное изменение на определенных этапах неизбежно приводит к качественным изменениям, скачкам в сезонном развитии природы. Эти переломы – объективные границы фенологических этапов. Из всего выше сказанного следует вывод о безусловной правомерности использования климатического (в умеренных широтах, в основном, температурного) критерия при выделении естественных сезонов и их этапов.

Изменение в течение года метеорологического компонента ландшафта влечет за собой изменения гидрологического и почвенного, а затем фито- и зоофенологического компонентов. Сезонные изменения в живой природе – это ответная реакция на изменения всего комплекса компонентов неживой природы. В свою очередь, сезонные изменения в живой природе не только свидетельствуют об изменении других компонентов ландшафта, но как наиболее ярко выраженные (особенно у растительности) и, тем самым, обуславливающие изменения облика ландшафта, могут считаться «индикаторами» сезонных изменений в природе в целом. Поэтому использование фенологического критерия и возможно, и необходимо при выделении естественных сезонов года и их подразделений.

Между фенологическими и климатическими явлениями существует коррелятивная связь (Буторина, 1958; Булыгин, 1977; Голубев, 1982; Минин, 2000 и др.). Весной она максимальна (коэффициент корреляции по данным Т.И. Буториной (1958) - 0,80-0,90), летом ослабевает, осенью вновь усиливается (до 0,70 – 0,80). Наиболее тесные связи температур наблюдаются с фенологическими явлениями. При этом погодичная изменчивость температур значительнее, чем изменчивость фенологических явлений (Давитая, 1964; Буторина, 1979; Голубев, 1982; Иванов, 1984; Минин, 2000). При неустойчивых погодных условиях, когда температуры могут вернуться к пройденным рубежам, фенологический процесс может быть замедлен, но уже необратим. Т.И. Буторина отмечает, что «температурные рубежи» начала тех или иных сезонных явлений имеют значение лишь в среднем многолетнем выводе. В отдельные же годы термическое начало этапов сезонного развития природы может по срокам сильно расходиться с фенологическим» (Буторина, 1979, с.10). Все сказанное выше делает фенологические явления наиболее надежным «индикатором» сезонных рубежей, и позволяет считать фенологический критерий основой фенопериодизации.

Вопрос о критериях естественной периодизации года не является спорным, но применить эти критерии на практике не просто. В метеорологии существует множество температурных показателей. Это температуры воздуха и почвы, измеряемые соответственно на разной высоте и глубине; их максимальные, минимальные и среднесуточные значения. Обычно для деления годового круга на сезоны используют «качественные переходы, скачки в годовом ходе температур через 0°, 5°, 10° и 15°C, исходя из требований большинства растений к температурным условиям в различные периоды их развития. Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова предложены сле-

дующие термические границы сезонов: начало зимы или весны – переход среднесуточных температур воздуха через -5°C ; начало лета – устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через 15°C , что как правило, совпадает с окончанием первых заморозков; начало осени – первые заморозки на поверхности почвы и переход среднесуточных температур воздуха ниже 10°C . Агрометеорологи наступление весны и зимы определяют переходом среднесуточных температур воздуха через 0°C . Есть мнение, что более правильно использовать не среднесуточные температуры, а экстремальные (максимальные и минимальные), и не только воздуха, но и температуры почвы (Куприянова, 2000). Разные авторы фенопериодизации в своей местности вынуждены выбирать те показатели, которые считают наиболее подходящими в конкретных условиях.

Не меньше сложностей с выбором параметров при использовании фенологического критерия. Границы некоторых естественных сезонов определяются по резкой смене *сезонных аспектов*. Например, начало фенологической зимы в странах умеренного климатического пояса считается с момента смены осеннего бесснежного аспекта аспектом с устойчивым снежным покровом. Но в большинстве случаев смена сезонных аспектов природы происходит постепенно. Чаще границы естественных сезонов и их подразделений определяются по так называемым индикационным сезонным явлениям – *феноиндикаторам* (см. п. 1.3.) – ярким, хорошо заметным сезонным явлениям, которые ежегодно своим появлением свидетельствуют о наступлении определенного этапа в годичном цикле природы. Индикаторами границ естественных сезонов и их подразделений могут быть явления из разных компонентов ландшафта: в холодные сезоны – метеорологические и гидрологические, а в теплые – жизнь растительности и животного мира, наиболее активного компонента ландшафта

в это время. К первой группе феноиндикаторов относятся уже указанный выше феноиндикатор начала зимы или любые температурные показатели. Во второй группе больше разнообразия. Так, общепризнанным феноиндикатором начала лета считается зацветание шиповника, начала осени – появление окрашенных листьев в кронах берез. Прилет грачей часто совпадает с началом весны, а начало ее последнего подсезона – с зацветанием первых плодовых деревьев и кустарников. Основной подсезон осени - «золотая осень» - маркируется полным окрашиванием крон берез, а конец этого подсезона и, соответственно, начало поздней осени (у разных авторов названия подсезонов варьируются) определяется по окончанию массового листопада берез. С прочими феноиндикаторами подробнее можно познакомиться при рассмотрении конкретных моделей фенопериодизации (см. п. 3.3).

Одним из новых перспективных критериев выделения границ сезонов и их подразделений можно считать *комплексные фенологические показатели* (см. пп.4.6.). При проведении границ сезонов и их этапов удобно использовать средний фенологический коэффициент – Kf. Эти показатели применены нами при создании схемы фенопериодизации ландшафтного парка УрГПУ (см. п. 3.3). Довольно оригинальный подход к выделению сезонов предложен в Большой Советской Энциклопедии. Началом фенологического лета считается день, с которого средняя температура за сутки достигает 70% средней температуры самого тёплого месяца года. В различных почвенно-географических условиях начало лета характеризуется разными фенологическими явлениями - от начала цветения яблони до цветения сирени или рябины. Иногда начало лета связывают с зацветанием черёмухи обыкновенной. На лето падает 60% продолжительности вегетационного периода, т. е. периода со среднесуточной температурой выше

5° С. В течение этого периода накапливается сумма положительной температуры воздуха, обуславливающая среднегодовую температуру выше 0°С. Лето в климатическом смысле бывает лишь в местностях, где существует зима, т. е. где средняя температура хотя бы одного месяца в году бывает ниже 0°С.

За начало осени принимают день, к которому проходит 60% вегетационного периода, считая от начала лета (или со дня перехода среднесуточной температуры через 5°С). В тундре начало осени совпадает с отлётом журавлей.

Зима, как правило, ограничена датами, между которыми среднесуточная температура воздуха удерживается ниже 0°С. За начало весны принимается дата устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0°С. В районах, где к концу зимы снежный покров достигает 40-50 см (северо-запад, центр Европейской части России, Белоруссия), он успевает растаять через 2-4 дня после наступления суточной температуры 0°С. На севере и северо-востоке Европейской части России, где снежный покров выше 60 см, он исчезает через 10-15 дней после перехода температуры через 0°С. В южных районах Сибири снежный покров достигает высоты всего 25-30 см и тает на 10-12 дней раньше перехода температуры через 0°С вследствие воздействия прямой солнечной радиации и положительной температуры в полуденные часы. С началом весны связаны такие явления, как пыление ольхи, прилёт скворцов, начало ледохода на малых реках.

Ниже приведены рекомендации по проведению фенопериодизации на территории Европейской части нашей страны и Сибири, разработанные Г.Э. Шульцем и Т.Н. Буториной. В таблицах 1, 2 кратко показано предложенное названными авторами деление сезонов на этапы и индикаторы границ.

Таблица 1

Естественные сезоны природы лесной и лесостепной зон
Европейской территории СССР (России)

Сезон	Подсезон	Фенологические индикаторы начала
весна	Снеготаяние	Появление первых проталин на ровных местах, прилёт грачей
	Оживление весны	Начало пыления ольхи серой и орешника-лещины, начало цветения мать-и-мачехи
	Разгар весны	Начало облиствения (зеленения) берёзы, конского каштана, клёна остролистного, рябины; начало пыления берёзы
	Предлетье	Начало цветения рябины обыкновенной, сосны, сирени обыкновенной
Лето	Начало лета	Начало цветения шиповника, малины; начало опадения созревших плодов вяза
	Полное лето	Начало созревания черники, морошки, ранних сортов красной и чёрной смородины
	Спад лета	Полное созревание озимой ржи, созревание брусники, начало созревания вишни
Осень	Начало осени	Начало пожелтения листьев липы мелколистной, берёзы, вяза, береста
	Золотая осень	Начало пожелтения хвои лиственницы сибирской, запестрение (примерно 50% листьев пожелтело) берёзы, липы
	Глубокая осень	Конец валового листопада берёзы, вяза, осины
	Предзимье	Конец листопада сирени, тополя; первый снежный покров
Зима	-	Установление устойчивого снежного покрова

Таблица 2

Естественные сезоны года Сибири (по Т. Н. Буториной)

Сезон	Субсезон	Этап	Термические и фенологические индикаторы начала
Весна	Предвегетационный	Начальный (перво-весенье)	Переход дневных температур воздуха выше 0 градусов, появление первых проталин
		Основной	Переход среднесуточной температуры через 0 градусов, разру-

			шение снежного покрова
	Весенний вегетационный	Начальный	Переход минимальных температур выше 0 градусов, начало сокодвижения берёзы, возобновление вегетации многолетних трав
		Основной (зелёная весна)	Переход минимальных температур выше 5 градусов, начало зеленения берёзы
		Завершающий (предлетье)	Переход минимальных температур выше 10 градусов, начало цветения черёмухи, полное развёртывание листьев осины
Лето	Летний вегетационный		Переход среднесуточных температур выше 15 градусов, зацветание шиповника и малины, колошение озимой ржи
Осень	Осенний вегетационный	Золотая осень	Переход минимальных температур ниже 10 градусов (переход среднесуточных температур ниже 15 градусов), появление первых пятен осенней окраски у белых берёз
		Послевегетационный	Глубокая осень
	Предзимье		Переход минимальных температур ниже 0 градусов, конец листопада берёзы
Зима			Переход максимальной температуры воздуха ниже 0 градусов, залегание устойчивого снежного покрова

Существуют два типа *графической фенопериодизационной модели*⁵ – круговая и линейная. Первая представляет собой круг, разделенный на секторы, соответствующие сезонам и их подразделениям (например, рис. 4). Располагать круг лучше всего таким образом, чтобы начало

⁵ В литературе вместо термина «модель» часто используется термин «схема».

календарного года – 1 января - находилось в верхней точке окружности.

Вторая модель – полоса произвольной высоты и длины, разделенной на части, соответствующие сезонам и их подразделениям. По длине полоса разделена на 12 месяцев года, начиная с 1 января (например, рис.5,6).

Иногда в моделях используются дополнительные характеристики. Например, графики температур или других метеорологических параметров, фенологические кривые и др. Пример такой модели помещен на рис.7.

В России довольно активно ведется работа по фенопериодизации. Один из самых ранних вариантов фенопериодизации был предложен Д.Н. Кайгородовым (Буторина, 1979). Вопросы естественной периодизации разрабатывались Н.Н. Галаховым, Г.Э.Шульцем, В.А.Батмановым, Т.И.Буториной и многими другими исследователями. В п.п.3.3. приведены некоторые примеры фенопериодизации для разных пунктов России.

3.3. Фенопериодизация в разных районах России

Структура естественных сезонов года Европейской части России разработана известным фенологом и журналистом, действительным членом Географического общества СССР Александром Стрижевым. В книге «Календарь русской природы» (1971) им выделены этапы годичного круга природы и подробно описаны явления, характерные для Европейской части России. Автор делит год на сезоны и подсезоны. Сезонов традиционно четыре, а подсезонов – характерных периодов, ограниченных рубежными явлениями живой природы,- четырнадцать (рис. 4). Продолжительность тех и других в значительной степени зависит от географического положения местности и ландшафта.

Весна в европейской части России им делится на четыре периода: снеготаяние, оживление весны, разгар весны и предлетье. Общая черта сезона – нарастание солнечного тепла, заметное прогревание земной поверхности и воздуха. Снеготаяние продолжается от первых проталин в поле до зацветания серой ольхи и орешника-лещины. В эту пору разрушается, а затем и пропадает снежный покров, начинают очищаться ото льда водоемы, у кленов и берез наблюдается сокодвижение. Как неперенное событие фенологи отмечают прилет грачей, чаек, уток-крякв, скворцов и жаворонков.

Начало оживления весны совпадает с зацветанием мать-и-мачехи, а конец – с облиствением березы и пылением вяза. В этом периоде тепло еще неустойчиво, часты заморозки. Подсезон разгара весны менее предыдущих подвержен колебаниям. На Русской равнине он обыкновенно продолжается от зеленения берез до зацветания рябины и лиловой сирени. В разгар весны происходит облиствение деревьев и кустарников, порываются цветами фруктовые сады, на яровых полях открывается посевная. Последний подсезон весны – предлетье - период перехода от весны к лету. Фенологический индикатор начала - зацветание рябины обыкновенной и сирени, конец весны знаменуется зацветанием местных видов шиповника.

Лето – сезон наибольшего прогрева земной поверхности и самых длинных дней в году, пора максимальной жизнедеятельности растений. Начало лета отсчитывают с зацветания шиповника, малины, татарского клена, оно совпадает с созреванием крылаток вяза. С созреванием черники, садовой земляники, красной и черной смородины, зацветания мелколистной липы приходит полное лето - наиболее теплое и благодатное время. Последний летний период наступает в пору полного созревания озимой ржи и

начала ее уборки. Среди дикой флоры индикатором спада лета является зрелая брусника.

Осенью неуклонно падает напряжение прямой солнечной энергии, долгота дня убывает. Охлаждается приземный воздух, режим влаги местами избыточен. Живая природа подготавливается к встрече зимы. Жизнедеятельность растений затухает, зелень приобретает жухлую, мертвенную окраску. Продолжительность осени на европейской территории страны в среднем немногим больше трех месяцев. Сезон этот распадается на четыре периода. Начало осени наступает во второй половине августа с первых расцветенных листьев березы, липы и вяза, с отлета черных стрижей. Продолжается до конца сентября, когда количество раскрашенных и зеленых листьев в кронах тех же пород примерно одинаково. Золотая осень – пора самой яркой осенней раскраски листвы, ее валового отпада. Уже нередки жесткие заморозки, по низинам с вечера пенятся туманы. Глубокая осень длится с завершения листопада березы и осины до выпадения первого снега. В этот подсезон заморозки становятся обычны, лужи наживляются льдом.

Зима в центре европейской части России стоит с конца ноября до второй половины марта. Это сезон низких температур и относительного покоя природы. Первозимье начинается с выпадением покровного снега, кончается же в декабрьское солнцестояние. Зимняя погода в этом подсезоне еще неустойчива, за снегопадами и морозами предостоят оттепели, иногда весьма серьезные и продолжительные. Коренная зима длится с 20-х чисел декабря до начала февраля, до протяжной песни большой синицы – период стуж и крутых метелей.

Безусловно, в разных точках Европейской части России естественный ход природных явлений будет отличаться от обобщенного описания А.Стрижева.

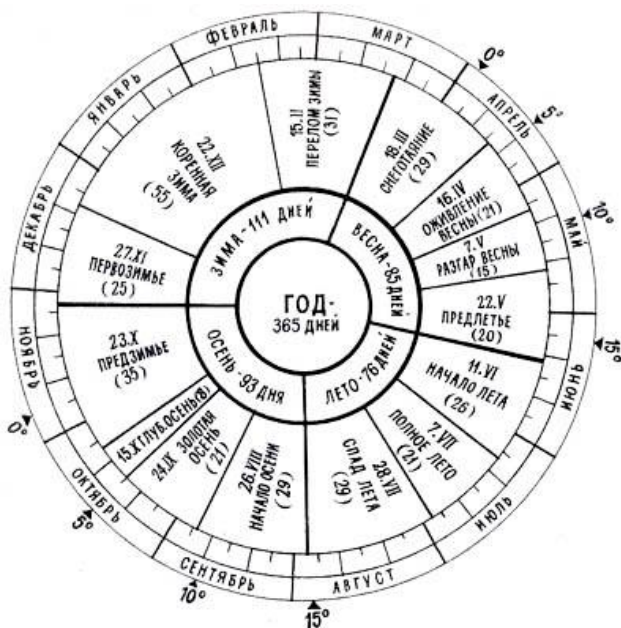


Рис.4. Структура естественных сезонов года Европейской части России по данным А.Стрижева, 1971.

Над созданием фенопериодизационной модели в окрестностях Ленинграда много работал Г.Э.Шульц. Он выделил сезоны, средние многолетние даты их начала и феноиндикаторы, разделил сезоны на части – субсезоны и охарактеризовал их. На рисунке 5 изображена структура естественных сезонов года в окрестностях Санкт-Петербурга по данным Г.Э. Шульца и краткое описание этапов. Видно значительное совпадение с моделью А.Стрижева.

Каждый автор вносит свое субъективное мнение в «прочтение книги природы». На рисунке 6 приведена модель сезонов года также для Санкт-Петербурга, но выполненная А.И.Руденко и Г.А.Сундуковым. При сравнении этих схем обнаруживаются некоторые расхождения, как в продолжительности сезонов, так и в их делении.

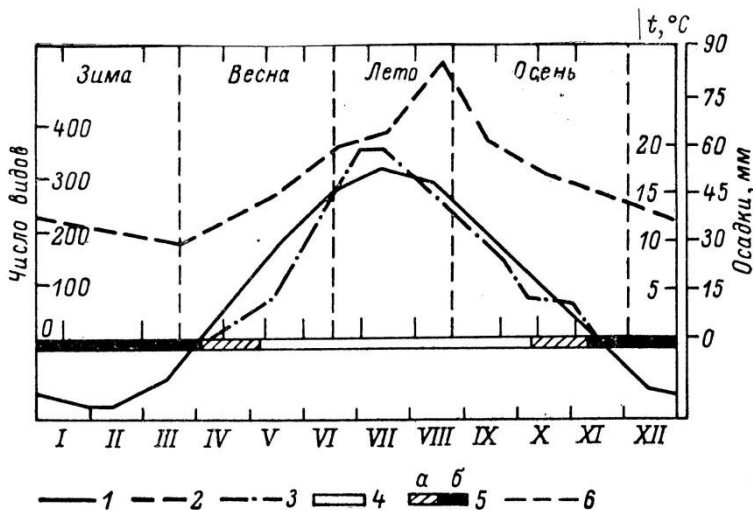


Рис.5 Структура естественных сезонов года в окрестностях Санкт-Петербурга по данным Г.Э. Шульца, 1981.

Условные обозначения: 1 – среднемесячная температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), 2 – среднемесячные суммы осадков (мм), 3 – число цветущих видов, 4 – безморозный период, 5а – периоды с заморозками, 5б – периоды морозной погоды, 6 – границы фенологических сезонов; засечки на оси абсцисс вверху – границы фенологических субсезонов.

Зима: 6.12 – 18.03 (103 дня), индикатор начала - установление устойчивого снежного покрова; субсезоны – первозимье (6.12 – 15.01), среднезимье (15.01 – 1.03), предвесеннее (1.03 – 18.03). Весна: 19.03 – 11.06 (85 дней), индикаторы начала – переход дневных температур через 0°C , первые проталины на ровных участках рельефа; субсезоны – снеготаяние (19.03 – 15.04), оживление весны (15.04 – 10.05), разгар весны (10.05 – 11.06). Лето: 12.06 – 22.08 (72 дня), индикаторы начала – переход среднесуточных температур выше $+15^{\circ}\text{C}$, начало обсеменения вяза, зацветание шиповника майского и малины; субсезоны – перволетье (12.06 – 3.07), полное лето (4.07 – 4.08), спад лета (5.08 – 22.08). Осень: 23.08 – 5.12 (104 дня), индикаторы начала – переход среднесуточных температур ниже $+15^{\circ}\text{C}$, начало массового

пожелтения берез и лип; субсезоны – первоосень (23.08 – 14.09), золотая осень (15.09 – 31.10), предзимье (1.11 – 5.12)

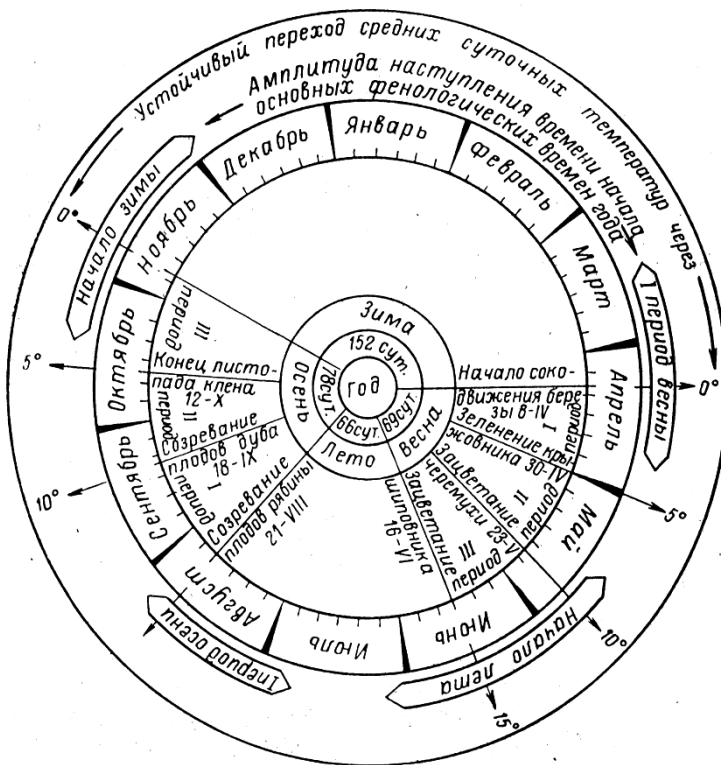


Рис.6. Структура естественных сезонов года в окрестностях Санкт-Петербурга (Ленинграда) по данным А.И.Руденко и Г.А.Сундукова (Балбышев, 1971).

Для Подмосквья представлена схема, составленная Н.Н. Галаховым (рис. 7). Она интересна тем, что насыщена дополнительной метеорологической информацией.

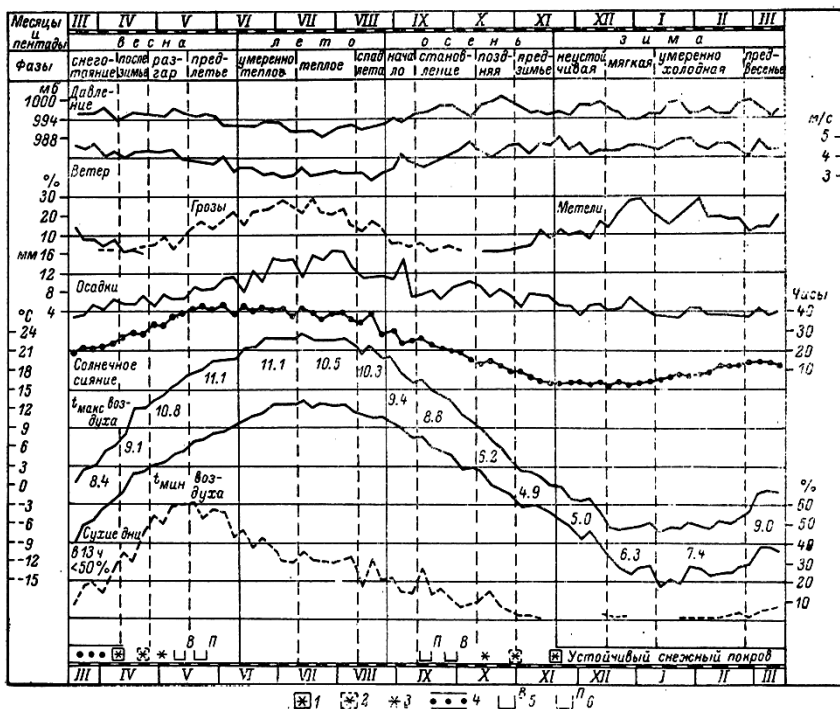


Рис. 7. Структура естественных сезонов года в Подмоскovie по данным Н.Н. Галахова (Шульц, 1981).

Условные обозначения: 1 – снежный покров устойчивый и 2 – временный, 3 – снег, 4 – проталины, 5 – заморозок в воздухе (последний, первый) и 6 – на почве; 8,9–9,0 – суточные амплитуды температур в среднем за фазу.

Краткая характеристика сезонов года в окрестностях г. Екатеринбурга (г.Свердловска) по данным В.А. Батманова приведена в таблице 3. Для сравнения в таблице 4 показаны данные о сезонах года Л.А.Федорова. Не смотря на то, что Л.А.Федоров был современником и земляком В.А.Батманова, полученные ими данные несколько отличаются.

В конце XX–начале XXI веков последователями В.А. Батманова были продолжены наблюдения за течением сезонных процессов в естественных и антропогенных сообществах г.Екатеринбурга.

Таблица 3

Сезоны года в окрестностях г. Екатеринбурга
по данным В.А. Батманова

Сезон	Продолжительность	Сроки	Феноиндикаторы начала
Весна	72	23.03 – 2.06	Наступление заметного снеготаяния, первые небольшие проталины на прогреваемых участках, прилет грачей
Лето	79	3.06 – 19.08	Начало отцветания лиловой сирени, начало колошения озимой ржи, зацветание шиповника и рябины под пологом леса
Осень	73	20.08 – 30.10	Начало пожелтения берез
Зима	142	01.10 – 22.03	Установление постоянного снежного покрова и льда на водоемах

Таблица 4

Сезоны года в окрестностях г. Екатеринбурга по данным
Л.А.Федорова (Архипова, 1968)

Сезон	Продолжительность	Сроки	Феноиндикаторы начала
Весна	71	26.03 – 4.04	Прилет грачей
Лето	80	5.06 – 23.08	Зацветание рябины
Осень	66	24.08 – 29.10	Начало пожелтения берез
Зима	148	30.10 – 25.03	Появление снежного покрова

Наблюдения проводились с использованием не только традиционных, но и новых методов, разработанных на основе идей Владимира Алексеевича (см. гл. 4). В таблице 5 приведен

фрагмент результатов весенних наблюдений в одном из сообществ промышленного центра города.

Таблица 5

Модель фенопериодизации весеннего сезона в ландшафтном парке УрГПУ, Екатеринбург (Терентьева, 2006)

Подсезон весны	Границы подсезона (продолжительность)	Критерии начала подсезона		Средний фенологический коэффициент (Kf)
		T воз-духа	феноиндикаторы	
Снежная весна	23.03 – 17.04 (26 дней)	T _{ср.} > +0°C	Начало активного таяния снежного покрова	Kf(в)=0; Kf(г)=0
Голая весна: <i>первая ступень</i>	18.04 – 23.04. (6 дней)	T _{ср.} = +5°C, Min t > 0°C	Начало вегетационного периода: из-под снега освободилась большая часть почвы; начало набухания почек деревьев и кустарников, первые проростки трав	Kf(в) = 0 – 0,5; Kf(г)>0
	<i>вторая ступень</i>	24.04 – 30.04. (7 дней)	-	Полное стаивание снега, зацветание мать-и-мачехи и ивы козьей, начало проклевывания почек древесных пород.
Зеленая весна	1.04 – 15.05 (15 дней)	-	Первая зеленая дымка у деревьев и кустарников, зеленение первых газонов	Kf(в) = 1,5 – 2,5; Kf(г)=0,5
Цветущая весна	16.05– 3.06 (19 дней)	T _{ср.} > 10°C	Зацветание черемухи и яблонь	Kf(в)=2,5 – 4,0; Kf(г)=1.0 – 2,5

Одной из задач в работе заповедников является составление календаря природы, характеристика сезонов и их этапов. Поэтому для территорий, где расположены заповедники, всегда можно найти точную и подробную информацию о течении сезонных процессов в естественных ландшафтах. В таблицах 6 и 7 приведены такие материалы для двух заповедников Урала. Висимский заповедник располагается относительно близко к г.Екатеринбургу, где вел свои наблюдения В.А.Батманов. Данные по заповеднику «Денежкин камень» интересны тем, что отражают изменения сезонных процессов с высотой; в таблице содержатся сведения о продолжительности сезонных этапов в разных высотных поясах.

Таблица 6

Сезоны года в Висимском государственном природном биосферном заповеднике (по данным Н.В. Беляевой)

Сезон	Ступени	Продолжительность	Фенологическая граница	Термическая граница
Весна (89 дней)	Снежная весна	12 марта - 8 апреля (28 дней)	Начало постоянных оттепелей	Max $t > 0$ градусов, а среднесуточные $t > -5$ градусов
	Пёстрая весна	9 апреля – 21 апреля (13 дней)	Первые проталыны?	Max $t > +5$ градусов
	Голая весна	С 22 апреля по 13 мая (22 дня)	Начало сокодвижения у берёз	
	Зелёная весна	С 14 по 19 мая (7 дней)	Начало зеления берёз	
	Пред-летье	С 20 мая по 7 июня (19 дней)	Зацветание черёмухи	
Лето (71 день)	Начальное лето	С 8 июня по 10 июля (33 дня)	Зацветание шиповника	Min $t > 10$ градусов, среднесуточные $t > 15$ градусов
	Полное лето	С 11 июля по 5 августа	Зацветание липы, созре-	

		(26 дней)	вание красной смородины	
	Спад лета	С 6 по 17 августа (12 дней)	Массовое цветение очитка обыкновенного, созревание брусники и рябины	
Осень (83 дня)	Начальная осень	С 18 августа по 14 сентября (28 дней)	Появление жёлтых листьев на берёзах	Min t <10 градусов, среднесуточные t >15 градусов
	Глубокая осень	С 15 сентября по 7 октября (23 дня)	Полное пожелтение берёз	
	Предзимье	С 8 октября по 8 ноября (32 дня)	Конец листопада берёз, полное пожелтение лиственницы	
Зима (122 дня)		С 9 ноября по 11 марта (122 дня)		

Таблица 7

Сезоны года в заповеднике «Денежкин камень», среднегорья Северного Урала (Янцер, 2006)

Сезон	Граница			Дата начала в высотных поясах		
	термическая	феноиндикаторы	Средний фенологический коэффициент Kf	Горнотаежный пояс	Подгольцовый пояс	Горно-тундровый пояс

Весна	$T_{cp} > 0^{\circ}\text{C}$ $T_{min} > 0^{\circ}\text{C}$ $T_{max} > 0^{\circ}\text{C}$	Начало таяния снежного по- крова	$Kf(v)=0$ $Kf(r)=0$	10.04	10.04	12.04
подсе- зон Вегета- тивная весна	$T_{cp} > 0^{\circ}\text{C}$ $T_{min} > +5^{\circ}\text{C}$	Снег сошел на 100%; появи- лись проростки первых трав, набухли почки деревьев и ку- старников	$Kf(v) > 0$ $Kf(r) > 0$,1	16.05	24.05	29.05
Лето	$T_{cp} > +12+1$ 2°C $T_{min} > +10^{\circ}\text{C}$ T_{max} $> +20^{\circ}\text{C}$	Зацветание рябины и ши- повника, массо- вое цветение купальницы	$Kf(v)=3$,5 $Kf(r)=1$,8	16.06	20.06	24.06
Осень	$T_{cp} < +12+1$ 2°C $T_{min} < = +10^{\circ}$ C	Начало пожел- тения листвы берез, начало отмирания ор- ляка и черники	$Kf(v)=5$,2 $Kf(r)=7$,0	18.08	18.08	10.08
Зима	$T_{cp} < 0^{\circ}\text{C}$ $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$	Установление постоянного снежного по- крова	$Kf(v)=7$,9 $Kf(r)=8$,9	22.10	17.10	10.10

Сибирская фенологическая школа известна научной общественности по обширным трудам Новосибирских исследователей, прежде всего Т. Н. Буториной. Ее данные по фенопериодизации на территории Сибири приведены в п.3.2. Разработанная Т. Н. Буториной модель явилась образцом для последующих работ в других пунктах страны. Далее приведены модели сезонов года разных авторов и для разных пунктов, расположенные по мере удаления от Урала к побережью Тихого океана (рис. 8, 9, табл.8, 9,10).

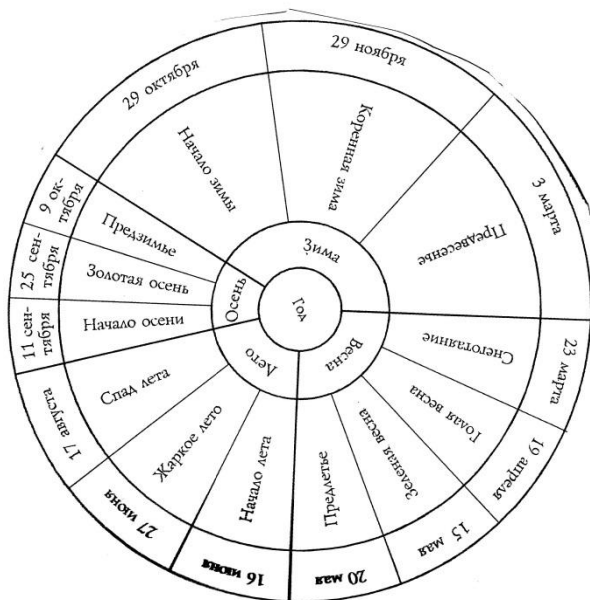


Рис. 8. Структура естественных сезонов года в окрестностях Томска по данным В.Г. Рудского (Рудский, 2002)

Феноиндикаторы. Зима: начало зимы – установление снежного покрова; коренная зима – последняя оттепель; предвесенье – первая дробь дятла, первая песнь большой синицы, первая оттепель. Весна: снеготаяние – снег сделался сырым, появились лужи; голая весна – сокодвижение у березы, сход снега на открытых местах; зеленая весна – облиствение березы; предлетье – зацветание черемухи. Лето: начало лета – зацветание шиповника; Жаркое лето – первые зрелые ягоды красной смородины, земляники лесной, зацветание озимой ржи; спад лета – появление желтых прядей в кронах берез. Осень: начало осени – появление первых полностью желтых берез; золотая осень – полное окрашивание всех берез; предзимье – конец листопада у берез.

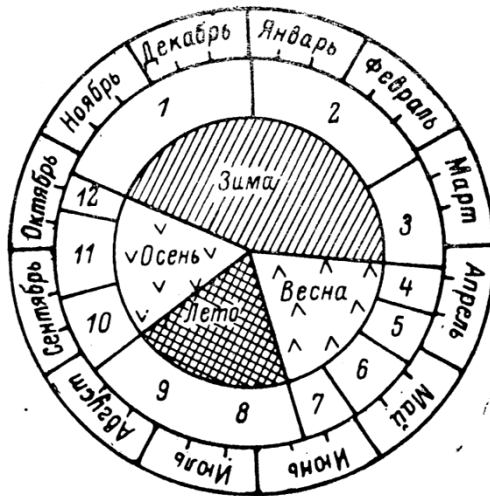


Рис. 9. Структура естественных сезонов года прибрежной полосы Байкала по данным В.Н. Моложникова (Шульц, 1981). Условные обозначения. Зима (165 дней): 1 – снежная, 2 – морозная, 3 – предвесенье; весна (70 дней): 4 – снежная, 5 – пестрая, 6 – голая, 7 – зеленая (разгар весны); лето (70 дней): 8 – перелетье, 9 – полное лето; осень (61 день): 10 – первоосень, 11 – золотая осень, 12 – глубокая осень.

Таблица 8

Структура естественных сезонов года в лесных сообществах плато Путорана (Деева, 1995)

Сезон, стадия	Продолжительность	Термическая граница	Фенологическая граница	Признак
Весна Ранне-весенняя	20-30 мая – 1-10 июня (10 дней)	Переход среднесуточных температур воздуха через 0 градусов	Набухание почек у деревьев и кустарников	Возобновление вегетации растений
Сред-	С 10 по	Переход	Начало	Распускание по-

неве-сенняя	20 июня (10 дней)	среднесуточных температур воздуха через 5 градусов	зеленения лиственниц	чек берёзы, начало цветения ольхи кустарниковой, видов рода Salix
Позд-неве-сенняя	С 20 по 30 июня (10 дней)	Редкие ночные заморозки	Начало зеленения берёзы низкой	Развёртывание листьев берёзы, набухание почек ели. Начало интенсивного роста растений
Лето Ранне-летняя	С 1 по 10 июля (10 дней)	Переход среднесуточных температур воздуха через 10 градусов	Начало цветения берёзы низкой	Распускание почек ели. Резкое ускорение ростовых процессов. Начало цветения Trollius asiaticus L., Carex bigelowii ssp. Arctisibirica (Jurtz.) A et D. Love, Hierochloa alpina (Sw.) Roem et Schult
Среднелетняя	С 10 по 30 июня (20 дней)	Среднесуточные температуры воздуха ≥ 15 градусам	Массовое цветение голубики	Затухание и прекращение роста растений. Максимум растений в фазе цветения. Цветут Vaccinium uliginosum L., V. vitis-idaea L., Ledum palustre L., Rosa acicularis Lindl
Позд-нелет-	С 1 по 15-20	Среднесуточные	Созревание ягод	Развёртывание и усиление процес-

няя	августа (20 дней)	температу- ры воздуха в основном ≥ 10 гра- дусов	голубики, морошки. Появле- ние пер- вого осеннего расцвечи- вания.	сов отмирания. Резкое снижение количества цве- тущих растений
Осень Ранне- осен- няя	С 20 августа по 1-5 (15 дней) сентяб- ря	Переход среднесу- точных температур воздуха через 5 градусов	Массовое осеннее расцвечи- вание растений	Цветущие расте- ния отсутствуют. Начало листопада кустарников и кустарничков.
Позд- неосе- нняя	С 5 сен- тября по 30 сен- тября (25 дней)	Среднесу- точные температу- ры воздуха близки к нолю, но- чью отри- цательные	Массо- вый ли- стопад у деревьев, кустарни- ков и ку- старнич- ков	Рассеивание со- зревших семян. Интенсивное от- мирание растений.
Зима	С 1-5 октября по 20-30 мая (8 меся- цев)	Устойчи- вые морозы		Период относи- тельного покоя растений

Таблица 9

Сезоны года в Магадане,
(по данным А.П.Васьковского, 1967)

Сезон	Период	Продолжительность
Весна	С 1 апреля по 11 июля	102 дня
Лето	С 12 июля по 6 сентября	56 дней
Осень	С 7 сентября по 18 октября	43 дня
Зима	С 19 октября по 31 марта	164 дня

Таблица 10

Сезоны года в посёлке Ключи (Камчатка) по данным
П.Н.Дьяконова, 1967

Сезон	Период	Продолжительность
Весна	С 1 апреля по 8 июля	99 дней
Лето	С 9 июля по 27 августа	50 дней
Осень	С 28 августа по 4 ноября	69 дней
Зима	С 5 ноября по 31 марта	147 дней

Стоит обратить внимание на модель сезонов года для Гиссарской долины, расположенной в горах Таджикистана, составленную Г.Э. Шульцем (рис. 10). Эта территория относится к зоне полупустынь Средней Азии, поэтому хорошо видны резкие отличия в соотношении сезонных этапов по сравнению с ранее рассмотренными схемами, отражающими ход природных процессов в лесных районах.

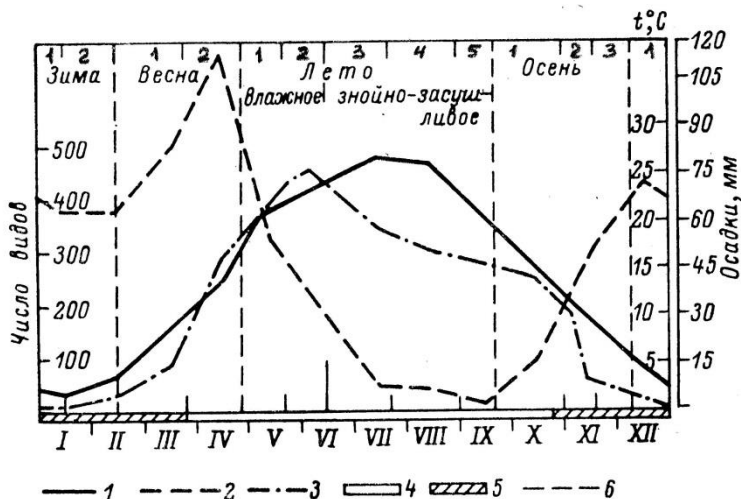


Рис. 10. Структура естественных сезонов года Гиссарской долины (Таджикистан), по данным Г.Э. Шульца (1981). Условные обозначения: 1 — среднемесячная температура воздуха (°C), 2 — среднемесячные суммы осадков (мм), 3 — число цветущих видов, 4 — безморозный период, 5 — периоды с за-

морозками, 6 – границы фенологических сезонов; засечки на оси абсцисс сверху – границы фенологических субсезонов.

Зима (12.12 – 14.02, 64 дня): 1 – средозимье, 2 – предвесенье. Весна (1.02 – 26.04, 71 день): 1 – зеленая весна, 2 – предлетье. Лето (27.04 – 20.09, 147 дней): влажное лето 1-перволетье, 2 – ранний плодосбор, знойно-засушливое лето 3 – завершение выгорания эфемеретума, 4 – полный пустынный ландшафт, 5 – спад лета. Осень (21.09 – 11.12, 82 дня): 1 – первоосень, 2 – золотая осень, 3 – глубокая осень.

Можно приводить множество примеров схем фенотериодизации, и на основе их анализа получать много новой уникальной информации о сезонных процессах в разных точках нашей страны и планеты. Широкое поле для различных фенологических исследований позволяет любому человеку, интересующемуся природой и изучением своего края подключиться к этой интересной и многоплановой работе и внести свой вклад в развитие фенологической науки.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятий «фенологическая (естественная) периодизация», «фенологические (естественные) сезоны»
2. В чем состоит отличие фенологической периодизации от гражданского календаря? Какие критерии лежат в основе фенотериодизации? В чем выражается их взаимосвязь?
3. Как изменяется структура естественных сезонов на разных широтах Земного шара?
4. Какие температурные показатели используются учеными для проведения границ фенологических сезонов? Приведите примеры феноиндикаторов для разных сезонов года или их этапов.
5. Назовите авторов моделей фенотериодизации для разных географических регионов России.

Глава 4. Методы фенологических наблюдений и обработки данных

4.1. Теоретическое обоснование методов фенологических исследований

Фенологические наблюдения над абиотическими сезонными явлениями ведутся по принятой в руководствах для метеорологических и гидрологических наблюдений методике. Специального рассмотрения заслуживает методика фенологических наблюдений над растениями и животными, особенно теми, которые служат индикаторами границ естественных сезонов и субсезонов. Эта методика имеет своей целью обеспечить максимально возможную сопоставимость аналогичных фенологических наблюдений, проводимых одними и теми же наблюдателями в разные годы и разными наблюдателями в разных пунктах.

В основе фенологических методов лежит задача более простым способом охарактеризовать более сложное явление. То более сложное, что мы должны характеризовать, В. А. Батманов называл искомым, а то, с помощью чего это делается, - **феноуказателем**.

Например, искомое – срок, когда почва достигнет оптимальных свойств для посева кукурузы, феноуказатель – начало цветения черемухи; искомое - фенологическое состояние древостоя в сосновом лесу, феноуказатель - фенологическое состояние выборки в 100 сосен, и т. д.

Необходимыми качествами феноуказателя являются:

- хорошая связь с искомым (она максимальна, если искомое и феноуказатели обуславливаются комплексом одних и тех же причин),
- достаточная четкость, чтобы наблюдение можно было провести с необходимой точностью.

В сферу теоретической фенологии входит разработка

теории отдельных методов фенологических исследований, моделирование наиболее рационального решения разных типов фенологических задач, систематика феноуказателей и т. д. На практике роль теоретической фенологии заключается в том, чтобы помочь исследователю любого профиля, конечно, если тема исследования так или иначе связана с сезонной динамикой природы, выбрать метод исследования.

Всякое фенологическое наблюдение можно разложить на три составных элемента: **места, времени и фенологического состояния объекта**. Фенологическое состояние может характеризоваться двумя показателями: временным и вещественным. Временной показатель указывает момент сезонного развития объекта, т. е. фиксирует, какая часть этого развития пройдена (например, начало, середина, окончание процесса). Вещественный показатель характеризует то, во что объект реализуется в процессе своего развития. Например, массовость процесса (обилие цветков, плодов, или их единичность и т.п.). *Пример. «26 мая 2000 года на территории заповедника Денежкин Камень начала цвести черемуха. Цветение обильное». 26 мая 2000 г. - элемент времени. Территория заповедника - элемент места (условное обозначение среды, где протекало явление). Начала цвести черемуха - временной показатель, фенологического состояния объекта. Цветение обильное - вещественный показатель фенологического состояния объекта.* Каждый элемент может иметь множество значений, количественных и качественных.

4.2. Классификация фенологических методов по В.А. Батманову (1972)

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, фенологические методы В.А. Батманов предложил разделить на четыре группы (см. табл. 11).

Таблица 11.

Соотношение определяемых и заданных элементов по группам методов (по В.А. Батманову, 1972)

<i>Группа методов</i>	<i>Элементы фенологических наблюдений</i>			
	время	место	Временной показатель	Вещественный показатель
Регистраторов срока	?	+	+	
Описательной группы	+	+	?	
Индикаторов урожайности	+	+		?
Экометрические	+	?	+	

+ - заданный элемент; ? - определяемый элемент

По форме отчета методы делятся на два класса: первичные и интегральные.

Первичные методы

- регистрируют значение определяемого элемента без указания меры его типичности
- дают качественную оценку
- результаты слабо поддаются математической обработке

Интегральные методы

- За счет увеличения числа отчетов при наблюдении, точно оценивают величину размаха значений определяемого элемента
- дают результат определенный и желаемой точности
- результаты более точные, хорошо поддаются математической обработке

Любое фенологическое наблюдение, независимо от выбранного метода, никогда не будет абсолютно точным. Ошибки наблюдения разделяются на 2 категории:

1) Ошибки, зависят от того, насколько точно задано значение элемента.

Например, заданное значение фенологического состояния «цветение березы» неточно, расплывчато. Непонятно, что должен отметить наблюдатель: первые цветки у первых берез или первые цветки у большинства деревьев? Если в задании нет ограничителя, то наблюдатели вольны поступить по своему усмотрению, что увеличит ошибку при обобщении материалов. Если элементом места указан г. Екатеринбург, то наблюдения могут различаться на несколько дней в зависимости от того, в какой части города они приведены. Если задана дата наблюдения, например 5 мая 2009 года, то и в этом случае могут быть получены несколько различные результаты, в зависимости от того, в какую часть суток будет проведено наблюдение.

Потенциально каждый элемент фенологического наблюдения может быть задан. Из сущности ошибок первой категории ясно, что их величина до начала наблюдения может быть сведена наблюдателем до минимума. Ошибки первой категории в процессе наблюдения остаются постоянными

2) Ошибки, связанные с нахождением определяемого элемента. Самые большие и специфичные для каждой группы методов, поскольку каждая группа имеет свой определяемый элемент. Величина ошибки значения определяемого элемента может быть уменьшена для каждой группы методов по-своему.

Рассмотрим методы фенологических наблюдений, которые можно рекомендовать для работы со школьниками.

4.3. Первичный (классический) метод группы регистраторов срока

Данный метод очень долгое время среди фенологов был единственным, поэтому его можно назвать обычным или классическим методом фенологических наблюдений. Он необыкновенно прост и доступен всем категориям наблюдателей. Сущность метода заключается в определении значения элемента времени в процессе наблюдения при заранее заданных двух других (места и фенологического состояния). Наблюдатель определяет, **когда наступило данное явление в данном месте**. Более или менее регулярно посещая участок, наблюдатель должен зафиксировать две даты: последнюю, когда заданное сезонное явление еще не наблюдалось – дату a , и дату b , когда явление было отмечено впервые. Очевидно, истинная дата наступления явления M лежит в интервале ab . Точность проведенного наблюдения будет зависеть от величины промежутка ab , другими словами, от частоты посещения участка. Теоретически ошибку определяемого элемента в данном случае можно свести к нулю, если наблюдатель будет постоянно находиться у наблюдаемого объекта, что, конечно, нереально.

Не имея сведений о развитии объекта в интервале ab , мы принимаем за нуль-гипотезу, что вероятность наступления искомого срока в любой точке промежутка ab одинакова, т. е. распределение возможных дат наступления явления равномерное. Тогда по закономерностям равномерного распределения наиболее вероятная дата наступления явления M будет лежать в середине интервала ab и определяться по формуле:

$$M = \frac{a + b}{2}$$

средняя ошибка вычисленной таким образом даты выводится по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{(\bar{b} - a)^2}{12}}$$

Правильная запись наблюдения производится по следующей форме:

Форма записи результатов фенологических наблюдений,
проведенных классическим методом

Год наблюдения _____ место _____

№ п/п	Название явления	Последняя дата, когда явление еще не наблюдалось (а)	Дата, когда явление было отмечено впервые (б)	Наиболее вероятная дата наступления явления (М) со ср. ошибкой	примечания
1	2	3	4	5	6
1	Начало пожелтения листьев березы	18.08	20.08	19.08	Березы на опушке

Правило полного отчета, т. е. запись двух дат *a* и *б*, была введена В. А. Батмановым в 1958 г. К сожалению, в огромных архивах добровольных фенологических сетей правило двойной записи не соблюдалось: дата *a* не записывалась, срок наступления явления отождествлялся с датой *б*. Результаты наблюдений значительно обесценивались, поскольку точность их оставалась неопределенной. Кроме того, для всех фенологических наблюдений, собранных обычным методом без соблюдения правила двойной записи, характерна односторонняя тенденция к отметке более поздних дат по сравнению с истинными.

Проводя наблюдения обычным методом по одной и той же программе, т. е. отмечая даты наступления одних и

тех же явлений, по крайней мере, в течение трех лет, можно приступить к созданию *календаря природы*. Он отражает среднюю многолетнюю последовательность сезонных явлений в данной местности. Чем дольше проводятся наблюдения первичным методом регистраторов срока, тем надежнее будут выводимые из них даты. Имея календарь своего района, можно оценить фенологические особенности текущего года. Отклонения сроков наступления сезонных явлений конкретного года от средних многолетних дат, выраженные в сутках, называются *феноаномалиями*. Наблюдение за изменением феноаномалий с ходом сезона создает основу для фенологического прогнозирования. Составление календарей природы — одна из наиболее известных и распространенных форм ведения фенологических наблюдений в школе. Для сравнимости календарей природы в разных географических пунктах составляются программы наблюдений.

Обработку и использование наблюдений следует начинать сразу же, с момента их поступления. На второй год наблюдений фенологические сводки сопоставляются с прошлогодними. Выявляется, как протекает сезонное развитие в новом году: опережает или отстает от сезонного развития природы в прошедшем. Такое сравнение помогает ориентироваться в сроках полевых, лесных и других сезонных работ. После третьего года наблюдений можно приступить к выводу средних многолетних сроков: основы местного календаря природы.

Если явление наблюдалось все три года, то средняя трехлетняя определяется как средняя арифметическая величина - сложением трех дат и делением полученной суммы на три. Перед этим даты приводятся к одному месяцу (если в этом есть необходимость). Делается это путем прибавления 30 или 31 дня к дате следующего месяца.

Например, по началу цветения мать-и-мачехи имеютя три даты: 18 мая, 1 мая и 17 апреля (см табл. 12). Чтобы привести эти даты к одному месяцу (апрелю), надо к 18 мая прибавить 30 дней=48. 18 мая равнозначно 48 апреля. 1 мая аналогично выражаем через апрельскую дату (1+30=31 апреля). Теперь сложение 3 дат будет правомерно: 48 апреля+31 апреля+17 апреля=96 апреля разделить на 3 = **32 апреля** – средняя трехлетняя дата начала массового цветения мать-и-мачехи. Т.к. по календарю в апреле 30 дней, приводим несуществующую дату 32 апреля к маю (32-30) =2 мая.

Таблица 12

Выписки из календаря природы территории заповедника «Денежкин Камень» (по данным Квашниной А.Е.)

Явление	дата наступления явления			Средняя дата	Феноаномалия, сутки		
	1998	1999	2000		1998	1999	2000
Появление проталин на полянах	29.04	29.04	15.04	24.04	+5	+5	-9
Оживление муравейников	24.04	1.05.	11.04	22.04	+2	+9	-11
Начало цветения мать-и-мачехи	18.05	1.05.	17.04	2.05	+16	-1	-15

После вычисления средней трехлетней высчитывают феноаномалии для каждого года (см. выше). Знак «-» перед абсолютной величиной феноаномалии обозначает опережение, а знак «+» - запаздывание против средней многолетней величины. Приведем пример вычисления феноаномалий отдельных лет. Средняя дата наступления явления «Оживление муравейников» - 22 апреля. В 1998 году явление наступило 24 апреля, то есть на 2 суток позже, в 1999 году – 1 мая – на 9 суток позже, а в 2000 году 11 ап-

реля, что на 11 суток раньше по сравнению со средней трехлетней датой. Соответственно, феноаномалии названных лет будут составлять +2, +9 и -11 суток.

Чем дольше проводятся наблюдения, тем надежнее становится календарь природы. Но ожидать длительный срок, пока накопится достаточно материала для устойчивых средних дат, в школьных условиях не всегда возможно. Чтобы уменьшить время, необходимое для составления хорошего календаря, можно привлечь результаты многолетних наблюдений фенологов, живущих или живших поблизости от места расположения школы. Если удастся отыскать несколько десятков записей с многолетними рядами наблюдений, можно определить, насколько календарь природы, составленный на основании 3-5-летних наблюдений, типичен и величину отклонения его от средних дат за большой период времени.

В заключение рассмотрим положительные стороны и недостатки первичного метода группы регистраторов срока.

Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none">• простота и доступность• получение ошибок наблюдения сразу во временных единицах• фенологическое состояние объекта задается заранее, что позволяет подыскать явления более четкие и легко наблюдаемые.	<ul style="list-style-type: none">• неприемлемость в экспедициях, походах, экскурсиях (пригоден только для стационарных наблюдений на постоянных участках, требует многократных посещений).• применение невыгодно, если наблюдаемые объекты сильно удалены от местожительства наблюдателя, или наблюдения проводятся за большим количеством объектов.• характеризуется весьма ограниченное количество точек сезонных процессов, чаще всего начало и конец.

Итак, обычный метод можно рекомендовать для фенологических наблюдений за небольшим количеством объектов, расположенных близко от места жительства наблюдателя или его постоянных маршрутов, а также, если можно обойтись грубыми, ориентировочными сведениями. В последнем случае снижение трудоемкости возможно путем увеличения интервала между посещениями.

4.4. Первичный описательный метод

Группа описательных методов (первичный и интегральный методы) позволяет получить законченный отчет сразу (в результате однократного посещения участка). Сущность описательных методов заключается в том, что наблюдатель ***характеризует фенологическое состояние объекта*** наблюдения в известное время в определенном месте. Каким образом дается характеристика фенологическому состоянию, зависит от класса метода – первичный он или интегральный.

При наблюдении ***первичным описательным методом*** фенологическое состояние объекта характеризуется словесно, без каких-либо подсчетов. Чем полнее и детальнее это сделано, тем наблюдение имеет большую ценность. Чтобы точнее определить наблюдаемый момент сезонного развития объекта, надо стараться ограничить его с двух сторон, указав последнее из уже пройденных фенологических состояний и первое из еще не наступивших. Например: «Бутоны у черемухи набухли, побелели, но раскрывшихся венчиков еще нигде нет». Однако эта задача не из легких. Только хорошо представляя нормальную последовательность сезонных явлений у изучаемого объекта, можно с ней справиться. Детальные описания фенологического состояния позволяют проследить связи между развитием отдельных органов растения (цветков, плодов, стеблей, ли-

ствев, корней), то есть способствуют формированию понятия об организме как едином целом. Чтобы работать описательным первичным методом в такой форме, необходимо иметь разработанные шкалы нормальной последовательности явлений, т. е. перечень фенологических состояний, объекта, следующих друг за другом. Пока таких шкал очень мало. Из опубликованных можно упомянуть лишь шкалу, составленную В. Л. Батмановым (1960) для весеннего развития черемухи. За 36 дней наблюдений им отмечено 29 фенологических состояний этой древесной породы.

Одно элементарное наблюдение первичным описательным методом мало что дает. Обычно используют системы элементарных наблюдений. Сбор материала возможен по двум направлениям: обширная фенологическая информация об одном объекте и краткие фенологические сведения о большом количестве объектов.

Лучшей формой записи при работе описательным первичным методом является дневниковая. В итоге такая форма содержит целую систему наблюдений.

Например, так было описано фенологическое состояние клюквы болотной в северо-западных окрестностях г. Екатеринбурга 15 июля 2006 г.: «Повсеместно наблюдаются молодые побеги длиной до 10 см, окраска их светлее прошлогодней части стебля. Листья этого года также отличаются по окраске от прошлогодних. Среди них есть уже принявшие нормальное (перпендикулярное к стеблю) положение, но есть и совсем маленькие, растущие, сложенные в «ладошки». Молодые части стеблей (прирост нынешнего года) тянутся кверху, еще не стелются по земле. От них нет корней. На прошлогодней корневой системе не отмечено свежего корнеобразования, но рост имеющихся корней продолжается: нередко их белые ниточки. Массовое цветение закончилось, но единичные цветки встречаются повсюду. Много зеленых ягод разного размера, но достигших нормальной (средней величины спелых ягод) еще нет. Заметная часть ягод сбоку покраснела».

В этой записи 15 элементарных наблюдений, характеризующих сезонное развитие клюквы. В каждом элементарном наблюдении явно или скрыто обозначен интервал между уже пройденным фенологическим состоянием и еще не наступившим. Например, если в записи отмечено, что наблюдаются побеги длиной до 10 см, то ясно, что побегов больших размеров еще нет. Все описанные промежутки (интервалы) имеют различную продолжительность: для прохождения одних интервалов растению необходимо 8-10 дней, для других - 2-3 дня. Наиболее ценно при наблюдении обнаружить более короткие интервалы, потому что чем меньше интервал, тем меньше ошибка проведенного наблюдения. Подобные наблюдения активно способствуют развитию наблюдательности.

Так подробно пронаблюдать во время одной экскурсии, часто кратковременной, можно лишь небольшое число видов растений. Поэтому можно рекомендовать и другую форму применения описательного первичного метода: очень краткую характеристику фенологического состояния большого числа видов растений с помощью условных обозначений. Существует три основных способа таких обозначений: цифровой, значковый и буквенный. Школьники легче овладевают двумя последними. Придумать значки-символы, обозначающие то или иное фенологическое состояние, они могут сами. Как правило, это маленькие стилизованные рисунки: *например, фаза цветения обозначается абстрактным упрощенным изображением цветка, прорывание почек - соответствующим схематическим рисунком и т.д.* Для буквенного обозначения фенологического состояния растений принимают определенную систему сокращений названий фенофаз: *бутонизация- бут.;* *начало цветения - н. цв.;* *созревание плодов -созр.;* *осыпание плодов - ос. пл.;* *вегетация -вег.* и т.п.

Проводя наблюдения описательным первичным ме-

тодом, наблюдатели знакомятся с разнообразием объектов и их фенологических состояний и этим самым создают базу для овладения более сложными и точными фенологическими методами. В отличие от интегрального, первичный описательный метод может быть оценен как ориентировочный, плохо поддающийся математической обработке. Он создает определенную базу для работы более точными интегральными методами.

4.5. Интегральный описательный метод

Одним из таких точных методов является ***интегральный описательный метод***. Фенологическое состояние объекта на выбранном участке в день экскурсии оценивается в этом случае процентом учетных единиц, перешедших между. Поясним термины.

Учетная единица – это то, что подсчитывается при наблюдении. Для растений за учетную единицу чаще всего принимают одну особь. Но иногда растения, особенно травянистые, так сильно переплетаются между собой, что невозможно разобрать, где кончается одна особь и начинается другая. В таких случаях за учетную единицу можно взять совокупность особей – *кочку, куртинку, площадку определенной величины* (1 м^2 ; $0,5 \text{ м}^2$; 4 м^2 т.д.); или часть особи – *цветоножку, лист, побег, ветку*. Учетные единицы должны быть однородными: примерно одного возраста, не поврежденными болезнями или вредителями, без механических изъянов. Некоторая неоднородность допустима, но ее влияние на результат наблюдений должно быть минимальным. При этом учитывается и цель исследования. Например, оценивая степень благоприятности экологических условий участка по сезонному развитию березы, наблюдатель не допустит большой ошибки, если будет проводить наблюдения без разделения взрослых деревьев

на два вида: береза бородавчатая или пушистая. Поскольку специальным исследованием В.А.Батманова (1967) доказано, что при совместном произрастании на Среднем Урале существенных различий в сезонном развитии одновозрастные особи этих видов берез не дают. Но объединить для поставленной цели в одну совокупность подрост и взрослые березы одного вида уже недопустимо, так как фенологически эти группы объектов наблюдения сильно различаются.

Межа – это сезонное явление, выбранное для наблюдения день экскурсии. Межа представляет собой определенную точку в сезонном развитии учетной единицы и служит разделителем их на две категории: не дошедшие до нее и миновавшие ее. *Примерами меж могут быть: начало цветения, массовое осеннее окрашивание листьев, поспел первый плод, конец массовой листопада* и др. Названия меж можно брать из фенологических программ, а можно выбирать и самим. Правильный выбор межи имеет очень большое значение. Обычно в момент наблюдения у объекта можно обнаружить сразу несколько меж. Наблюдатель должен уметь выбрать лучшее из возможного. Для этого целесообразно в полевых условиях проводить наблюдения сразу по нескольким межам, а при обработке материала выбрать наиболее показательную. Признаками хорошей межи являются четкость и глазомерность. У наблюдателя не должно быть сомнения, пройдена межа учетной единицей или нет. *Например, четкой межой будет: «Венчик цветка раскрылся». Расплывчатая межа - «Начало пожелтения листьев», т.к. не совсем понятно, что принимать за начало пожелтения. Поэтому ее признак можно сформулировать более четко: «Появление в кроне единичных окрашенных листьев или небольшого количества отдельных желтых прядей». Глазомерность требует, чтобы межа была яркой, бросающейся в глаза: это ускорит подсчет. По хорошей меже оценка учетных единиц ведется со скоростью счета. Напри-*

мер, захронометрировано, что при компактном расположении объекта один человек осматривает 100 растений березы за 5 минут. В этом плане удачна межа: «Полное опадение листьев». А наблюдения по такой меже, как «Начало роста молодых шишек сосны» весьма трудоемки: во-первых, надо отыскать шишки (а они тяготеют к верхней труднодоступной части кроны); во-вторых осмотреть каждую, поскольку начала ли она расти, видно только с близкого расстояния.

В полевых условиях наблюдения интегральным описательным методом проводятся следующим образом. На выбранном участке просматривается и оценивается некоторое количество учетных единиц. Просмотр осуществляется без какой-либо тенденции к отбору: здоровые, взрослые учетные единицы оцениваются все подряд. Для деревьев следует просмотреть 50-100, а для травянистых - 100-300 учетных единиц (удобнее для последующей обработки брать числа, кратные 5 или 10). Важно помнить, чем больше выборка (число просмотренных учетных единиц), тем наблюдение проведено точнее. Каждая учетная единица по ходу просмотра оценивается баллом, «0», если она в своем сезонном развитии не дошла до выбранной межи, и «1», если перешла ее. Для удобства баллы вписывают в квадрат или прямоугольник, поделенный на клетки. Количество клеток равно числу просматриваемых учетных единиц – для каждой учетной единицы - одна клетка (см. табл.13).

В нашем исследовании наблюдения проводились за развитием следующих меж: *Межа 1- «Появление в кроне дерева первых желтых листьев»: 0 баллов - дерево зеленое, 1 балл - первые желтые листья; Межа 2 - «Начало пожелтения»: 2 балла - 10 % всей кроны желтые; Межа 3 - «Заметное пожелтение»: 3 балла - в кроне более 10%, но менее 50 % желтых листьев. Результаты наблюдений за пожелтением листьев березы приведены в табл.13.*

Таблица 13

Результаты наблюдений за пожелтением листьев березы
в ельнике приручевом (подножье северного склона
горы Чертово городище) 12.09.2011 г.

1	2	3	3	2	1	2	2	2	3
3	3	3	2	2	2	1	2	2	3
3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
2	3	1	2	3	3	3	3	3	2
1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	3	3	3	3	2	2	3	2
3	3	3	2	2	3	3	2	2	3
1	3	2	1	2	1	2	2	3	3
3	3	3	2	3	2	3	2	3	3
3	2	3	3	3	3	2	1	3	2

Чтобы вычислить процент учетных единиц, перешедших между, подсчитывают количество учетных единиц с баллами «1», «2», «3» и определяют, какой процент они составляют от общего числа просмотренных. В нашем случае 10 учетных единиц с баллом «1», и по 45 учетных единиц с баллами «2» и «3». Понятно, что перед тем, как перейти в стадию «10 % всей кроны желтые», все кроны должны пройти предыдущую стадию – «первые желтые листья». Значит, уже 100% учетных единиц перешли между «Появление в кроне дерева первых желтых листьев». Для того, чтобы перейти между «Заметное пожелтение», крона должна миновать состояние «10 % всей кроны желтые». Поэтому между «Начало пожелтения» прошли 90% учетных единиц (45 особей с баллом «2» и 45 берез с баллом «3»). Между «Заметное пожелтение» прошли особи с баллом «3» – т.е. всего 45% учетных единиц. Таким образом, ответ обобщает, объединяет данные о развитии объекта, отсюда и название метода – интегральный. Результаты наблюдений, полученные с его помощью, можно наглядно представлять в виде разнообразных графиков и диаграмм.

Процент учетных единиц, перешедших между, являю-

щийся окончательным отчетом при работе интегральным описательным методом, не может быть определен абсолютно точно. Это происходит потому, что о фенологическом состоянии объекта судят не по всей его совокупности, а по определенной выборке учетных единиц (50, 100, 200 и т.д.). Чем больше величина выборки, т.е. чем ближе число просмотренных учетных единиц приближается к состоянию всех имеющихся в наличии, тем процент будет определен более точно. Ошибка наблюдения в процентах вычисляется по следующей формуле:

$$m = \pm \sqrt{\frac{M(100 - M)}{n - 1}}$$

Где m – ошибка наблюдения; M – процент учетных единиц, перешедших между; n – общее количество просмотренных во время наблюдения учетных единиц, т.е. величина выборки. Формула хорошо иллюстрирует высказанное выше положение: чем больше n (являющееся знаменателем подкоренного выражения), тем меньше m (ошибка наблюдения). Например, для одного и того же процента 45% - при $n=50$ ошибка равна $\pm 7\%$, а при $n=100$ - уже $\pm 5\%$.

Вычисленные ошибки необходимы для установления достоверности различий процентов учетных единиц, перешедших между, в различных ландшафтных геокомплексах профиля. Полученные отклонения могут быть как случайными, так и достоверными, т.е. математически обоснованными. Чтобы выяснить, достоверно ли различаются по сезонному развитию выбранного объекта два ГК, необходимо вычислить показатель существенной разницы – t . Формула для вычисления t :

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где M_1 – процент учетных единиц, перешедших между на одном участке, а M_2 – на другом участке; m_1 и m_2 – соответственно их средние ошибки.

Показатель существенности разницы – величина относительная. При 95% доверительном интервале он должен быть равен или более 1,96 - в этом случае различие доказано математически. Если показатель меньше заданной величины – по правилам математической статистики, получившаяся в процентах разница между участками лежит в пределах случайных отклонений.

Пример. 18.05.2009 г. были проведены наблюдения интегральным описательным методом за березой по меже: «Начало зеленения». Учетная единица – одно взрослое здоровое дерево. Подсчеты произведены в двух резко различающихся по условиям природных комплексах. Первый расположен в пределах заболоченной низины с сосняком кустарничково-сфагновым на торфяно-болотных почвах; второй представляет собой невысокий кряж, сложенный гранитами и покрытый сосняками разнотравными и ягодниковыми на дерново-подзолистых и бурых лесных почвах. Береза бородавчатая на обеих площадках встречается как примесь к основной лесобразующей породе – сосне, но количество ее вполне достаточно для проведения наблюдений интегральным описательным методом. В каждом геокомплексе было просмотрено и оценено по 100 учетных единиц. Процент берез, начавших зеленеть, в заболоченном урочище оказался равным $15 \pm 4\%$, а на кряже – $53 \pm 5\%$. Разница в процентах учетных единиц, перешедших межу, равная 38%, не случайна. Она математически доказана, поскольку $t = 5,9$, что в несколько раз превышает коэффициент надежности, равный 1,96.

Введение в фенологические исследования элементов математического анализа необходимо – наблюдатель начинает критически подходить к результатам своих наблюдений. Только математически обосновав установленный факт, можно приступать к выяснению причин существенного запаздывания явления в первом ГК по сравнению со вторым. К таким причинам относятся позднее и неравномерное оттаивание почвы на торфянике, бедность почв питательными веществами, неблагоприятный водный

режим, меньшая освещенность и прочее.

При проведении повторных обследований участка возможно проследить развитие межи. Каждый раз наблюдения проводятся по одной и той же меже, лучше, если в выборку будут входить примерно одни и те же учетные единицы.

Проценты не являются величинами, удобными для сопоставления, потому что нарастание процентов происходит неравномерно, с разной скоростью в начале и середине сезонного процесса. Кроме того, при маршрутных исследованиях, наблюдения на разных участках маршрута могут проводиться в разные дни и сравнение полученных показателей нельзя проводить без введения каких-либо поправок, что довольно трудоемко и увеличивает ошибки наблюдений. В связи с этим проценты учетных единиц целесообразно переводить в более определенные единицы измерения – сутки и привести результаты к одной дате. Последующая обработка сводится к переводу процентов в удобные для сравнения *экоаномалии*, выраженные в сутках.

Экоаномалия – это отклонение фенологического показателя любого отрезка маршрута от условного фенологического нуля, выбранного для всей территории (Батманов, 1961). За фенологический нуль, от которого вычисляются все экоаномалии, мы принимаем медиану (50%) кривой нормального распределения, предполагая, что изучаемые сезонные процессы по характеру протекания близки к нормальному распределению (Кирильцева, 1975). Для выбранной межи, по которой проводится сравнение сезонной динамики участков, вычисляется величина среднего квадратического отклонения (σ), которое характеризует размах, растянутость сезонного явления во времени: чем он больше, тем процесс протекает медленнее. Для расчета среднего квадратического отклонения на одном участке

наблюдения проводятся повторно через 2–3 дня. Участок, принятый за эталонный, должен иметь плакорное положение в рельефе. Выбор эталонного участка должен быть обусловлен во-первых, его размещением (типичное местоположение); во-вторых, наличием достаточного количества учетных единиц выбранных объектов, в третьих, возможностью проведения повторных наблюдений (доступность). По результатам наблюдения на эталонном участке, используя таблицу обратной функции $\Psi(\chi)$ (Б.Л.Ван дер Варден, 1960; Куприянова, 1983), строится кумулята⁶. Для каждой точки кривой нормального распределения (для каждого процента учетных единиц, перешедших между) известно расстояние в долях σ от центральной точки распределения, равной 50 %. Отклонения для процентов меньше 50 даются с отрицательным знаком, а больше – с положительным. Ниже мы приводим основные этапы построения кумуляты по окрашиванию березы для межи «начало пожелтения» для территории заповедника «Денежкин камень» осенью 2006 года. Наблюдения проводились 23 и 25 августа. Процент учетных единиц, перешедших вторую межу, за эти даты был равен соответственно 27 и 60. Для нахождения среднего квадратического отклонения определяем расстояние от 50 % в долях σ для этих двух точек. Для 27 это $-0,61 \sigma$, для 60 % $-0,25 \sigma$. Отсюда следует, что между 27 и 60 процентами лежит интервал, равный $0,25 \sigma - (-0,61 \sigma) = 0,86 \sigma$. Нарастание процента учетных единиц, перешедших вторую межу, от 27 до 60 процентов, произошло за 2 дня, значит $0,86 \sigma = 2$ суток. Отсюда $\sigma = \frac{2}{0,86} = 2,3$ суток. На основе вычисленной

⁶ Кумулята – кривая накопления частот (Лакин, 1968). В нашем случае кумулята показывает нарастание процента учетных единиц, перешедших между, от 0 до 100.

σ и одной из исходных точек, строится кривая развития межи. Для этого производится расчет даты наступления 50 процентов – в нашем случае – 24,3 августа. Для построения всей кривой достаточно определить на сетке координат положение точек, кратных 5 или 10. Расчет их абсцисс приведен в таблице 14.

Таблица 14
Расчет линии развития межи у березы

Процент учетных единиц, перешедших межу	Расстояние от 50%, доли σ	Расстояние от 50 %, сутки	Дата наступления процента
1	-2,33	-5,4	18,9.08.
5	-1,64	-3,8	20,5.08.
10	-1,28	-2,9	21,4.08.
20	-0,84	-1,9	22,4.08.
30	-0,52	-1,2	23,1.08.
40	-0,25	-0,6	23,7.08.
50	0,00	0	24,3.08.
60	0,25	0,6	24,9.08.
70	0,52	1,2	25,5.08.
80	0,84	1,9	26,2.08.
90	1,28	2,9	27,2.08.
95	1,64	3,8	28,1.08.
99	2,33	5,4	29,7.08.

Цифровые данные наносятся на сетку координат, где по оси абсцисс откладываются даты, а по оси ординат соответствующие им проценты учетных единиц, перешедших межу. Точки соединяются между собой, и мы получаем графическое представление о развитии межи во времени. Накапливая подобные данные в течение нескольких лет, можно получить осредненные фенологические кривые, которые принимаются за эталоны выбранных сезонных явлений (меж). При помощи построенного эталона

развития межи проценты учетных единиц переводятся в отклонения от эталона в сутках (рис.11).



Рис. 11. Эталон развития межи «начало пожелтения» у березы, август 2006 г.

Например, в долине р. Шарп 21.08 2006 г. 42 % учетных единиц перешли вторую межу. По эталону этот процент достигается 23,8.08.2006г. Следовательно, опережение геокомплекса в развитии березы против эталона составляет 2,8 суток ($21.08 - 23,8.08 = 2,8$). В пойме р. Быстрой на эту же дату вторую межу перешли 65 % учетных единиц, такой процент по эталону соответствует 25,2.08.2006 г. Опережение по сравнению с эталоном составляет 4,2 суток ($21.08 - 25,2.08 = 2,8$). Опережение обозначается знаком «-», запаздывание – знаком «+». Отсюда определяется разница по сезонному развитию объекта между сопоставляемыми фациями. Она равна: $2,8 - 4,2 = 1,4$ суток.

Ошибка экономалии вычисляется по формуле:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum(M - \bar{M})^2}{n(n-1)}}$$

где $\sum(M - \bar{M})^2$ – сумма квадратов разностей эконо-
маний в данной точке и средней экономалии по району, n
– количество точек, в которых проводились наблюдения.
Средние ошибки необходимы для выявления существен-
ности разницы между участками и районами. Для этого
вычисляется показатель существенности разницы t :

$$t = \frac{\bar{M}_1 - \bar{M}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

где \bar{M}_1 – средняя экономалия одного из сопоставляемых
геокомплексов, \bar{M}_2 – второго ЛГК, m_1 и m_2 – соответ-
ственно их ошибки. В нашем примере ошибка наблюде-
ния для района Шарпинской сопки составляет $\pm 0,3$ суток,
 $t = 4,7$, то есть разница между развитием березы в долинах
рек доказана математически.

В заключение рассмотрим положительные стороны и
недостатки метода.

Достоинства

- Может быть рекомен-
дован для использования во
время экскурсий, экспедиций
и туристских походов, т.к.
для получения оконча-
тельного отчета не требует
систематического посещения
участка
- Результаты наблюдений,

Недостатки

- Большая требователь-
ность к количеству объекта
(если объект распространен
на территории единично
или ограниченно, приме-
нять метод не имеет смыс-
ла).
- Иногда представляет

полученные с помощью интегрального описательного метода, хорошо поддаются математической обработке. Повышение точности отсчета определяется числом, т. е. количеством просмотренных учетных единиц.

- С его помощью можно зафиксировать и использовать для дальнейшей обработки любую точку сезонного развития объекта, а не только 2-3, как при работе другими методами.

трудность выбор четкой межи

- При расширении задач исследования (например, при построении эталонов меж), трудоемкость повышается, и однократными обследованиями ограничиваться нельзя

4.6. Метод комплексных (суммированных) фенологических характеристик

К группе описательных методов относится также ***метод комплексных (суммированных) фенологических характеристик*** – КФХ (Батманов, 1967, 1972; Куприянова и др., 1995, 2000, Терентьева, 2000, 2001).

При наблюдении этим методом на территории геокомплекса в пределах учетной феноплощади определяется фенологическое состояние каждого вида сообщества путем оценки его учетных единиц соответственно стандартам. Учетной единицей вида является обычно особь, или то, что может заменить ее при наблюдении: нечто неделимое, обособленное, обладающее всеми видовыми признаками, но более легко наблюдаемое. Например, вайя у орляка.

Если учетная единица имеет один лист (цветок) или их немного, определить ее фенологическое состояние просто. В случае, если на учетной единице множество листьев

(цветков), то она считается вступившей в очередную фазу при условии, что не менее чем у 25 % появились первые признаки следующей фазы. После определения фенологического состояния отдельных учетных единиц определяется фенологическое состояние вида в целом. На момент наблюдения учетные единицы одного вида могут находиться в разных фенофазах. Необходимо из всех отмеченных фенофаз выделить ту, основную, которая характерна для вида в целом. Процесс вступления учетных единиц вида в фенологическую фазу подчинен закону нормального распределения и характеризуется кумулятивной кривой, интерквартильная область которой (25-75%) является наиболее информативной частью (Кирильцев, 1975; Харин и др., 1993). Поэтому при наблюдении принимается за начало фазы порог 25% и вид считается вступившим в фенофазу, если 25% и более учетных единиц (особей) его обладают признаками фазы. Этот момент характеризует начало массового развития фенофазы и позволяет в определенной мере избежать влияния индивидуальной изменчивости на результаты наблюдения. *Таким образом, если на учетной фенотерритории у брусники (*Vaccinium vitis idaea* L.) отмечены особи в фазах набухания и проклевывания почек, то фаза проклевывания почек будет считаться основной при условии, что у 25% особей (или больше) почки уже проклюнулись. В этом случае на момент наблюдения брусника считается вступившей в фазу проклевывания почек. В противном случае вид еще находится в фазе набухания почек, и эта основная фаза подлежит учету.* В день наблюдения учетные единицы вида могут находиться в трех и более фенофазах одновременно – наступление фенофаз перекрывает друг друга. В этом случае основной фенофазой, характерной для вида в целом и подлежащей учету, считается та, что отмечена у большинства учетных единиц.

Наблюдения за сезонным состоянием фитоценоза проводятся на ограниченной учетной площади, однород-

ной по составу растительности и достаточной для характеристики фации. Наблюдения на постоянных учетных площадках – наиболее обычный и распространенный метод, их размер и форма феноплощадей 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. Минимальный размер выбранных площадей в лесных сообществах составляет обычно 100 м². Обследование феноплощади ведется по определенному маршруту и в определенной последовательности, что экономит время и увеличивает точность наблюдений. Наличие готового списка видов в момент наблюдения также сильно облегчает работу на точках.

Каждый осмотр объекта дает законченный результат. Это позволяет проводить фенологические наблюдения в любой удобный день. Посещения объектов через 5-7 дней в весенне-летний период и через 7-14 дней в летне-осенний считаются наиболее выполнимыми и достаточными. Особенно это характерно для исследований, охватывающих большие территории, когда ежедневные посещения объектов невозможны.

Для наблюдений используется два процесса развития растений: генеративный и вегетативный (сезонные изменения ассимиляционного аппарата первой весенней генерации). *Многие фенологи объединяют фенофазы развития вегетативных и генеративных органов растений в один общий ряд. Подобный смешанный ряд фенофаз не удовлетворяет условию универсальности. Не все виды начинают свое развитие весной с появления листьев – например, у ольхи серой (Alnus incana Misch.) цветение опережает разворачивание листьев. У некоторых видов, например, у рябины красноплодной (Sorbus*

aucuparia L.), багульника болотного (*Ledum palustre L.*), генеративный цикл заканчивается раньше вегетативного: рассеивание плодов и семян продолжается всю осень и даже зимой и весной следующего года. Исследованиями Lechowicz (1995), Е. Ю. Терентьевой (2000), доказана некоторая независимость в сезонном развитии вегетативных и генеративных органов растений. Поэтому мы считаем целесообразным вести наблюдения за каждым из этих процессов отдельно.

Согласно инструкции В. А. Батманова, для каждого процесса Е. Ю. Терентьевой (2000) составлен свой феностандарт. Стандарт представляет собой ряд последовательно сменяющих друг друга фенофаз. Каждой фенофазе присвоен цифровой балл (таблица 15, 16). Для вегетативного цикла феностандарт состоит из девяти фенофаз, а для генеративного – из десяти. Стандарты отражают сезонное развитие не всех систематических групп растений (для покрытосеменных и высших споровых).

Таблица 15

Фенологический стандарт вегетативного процесса
развития растений

Балл	Буквенное обозначение	Название фенофазы	Характеристика фенофазы
0	-	Зимний покой	почки имеют «зимний» вид
1	нб	Набухание почек	почки древесных пород увеличились в размере, возможны зеленые просветы между чешуями
2	пр	Проклевывание почек	у почек древесных пород появляются конусы зеленых листочков; появляются проростки у травянистых

3	рх	Расхоживание почек	листочки разъединились, но не расправились
4	з	Зеленение	листочки расправились, но маленького размера и светло-зеленые, рост листьев
5	мл	Молодая листва	листья нормального размера, но еще светло-зеленые
6	лв	Летняя вегетация	листья темной летней окраски
7	но	Начало окрашивания	окрашенных листьев менее 25%
8	мо	Массовое окрашивание	окрашенных листьев 25 - 75%
9	ко	Конец окрашивания	окрашенных листьев более 75%
10	пг	Поствегетативная	полное отмирание (опадение) листьев

Таблица 16

**Фенологический стандарт генеративного процесса
развития растений**

Балл	Буквенное обозначение фенофазы	Название фенофазы	Характеристика фенофазы
0	-	Предгенеративная	Бутонов нет
1	б1	Начало бутонизации	С момента появления первых бутонов; бутоны маленькие, зеленые.
2	б2	Массовая бутонизация	С момента появления первых бутонов, достигших нормальной величины,

			окрашивающихся.
3	ц1	Начало цветения	С момента появления первых раскрывшихся цветков; цветков меньше, чем бутонов.
4	ц2	Массовое цветение	Цветков больше, чем бутонов. (одновременно могут регистрироваться и бутоны, и раскрытые цветки, и отцветшие цветки; но раскрытые, как правило, преобладают.)
5	отц 1	Начало отцветания	Появляются отцветшие цветки, но не отцветшие цветки все еще преобладают. Бутонов нет.
6	отц 2	Массовое отцветание	Отцветшие цветки преобладают, неотцветших мало или нет совсем.
7	п1	Завязывание плодов и семян	Плоды зеленые и не достигли нормальной величины.
8	п2	Созревание плодов и семян	Плоды нормальной величины, окрашиваются.
9	р.с.1	Начало рассеивания плодов и семян	Все плоды созрели, первые рассеиваются.
10	р.с.2	Массовое рассеивание плодов и семян	Рассеивается большинство плодов.
11	р.с.3	Конец рассеивания плодов и семян	Большинство особей без плодов, рассеиваются последние плоды у послед-

			них особей.
12	п.г.	Постгенеративная	Плодов и семян нет.

Результаты наблюдений регистрируются в бланке обследования (табл. 17).

Таблица 17

Фрагмент бланка наблюдений за сезонным состоянием растений в ельнике зеленомошно-черничниковом (северный склон Шарпинской сопки, 21.08.2001 г.)

баллы генеративного развития											всего видов	баллы вегетативного развития												
0	1	2	..	5	6	7	8	9	10	0		...	6	7	8	9	10	11	12					
						⊕					Бере- за боро- дав- чатая				⊕									
						⊕					ель			⊕										
					⊕						осина			⊕										
						⊕					Ши- повник корич- ный			⊕										

Во время просмотра учетных единиц вида в графе бланка проставляется отметка (крестик) против каждой фенофазы, отмеченной хотя бы у некоторых из них; в конце просмотра основная фенофаза обводится в кружок. Итогом полевых наблюдений является балльная оценка каждого вида сообщества. Обработка по каждому отдельному процессу ведется независимо. Количество отметок основных фенофаз равно количеству видов фитоценоза. Полученные показатели переводятся в относительные. Таким образом, показатель каждого столбца в последней строке бланка означает процент видов растений, находящихся в определённой фенофазе на день обследования (табл. 18).

Соотношение этих показателей и есть, по В.А. Батманову, **суммированная фенологическая характеристика** растительности сообщества (**СФХ**). Она характеризует фенологическое состояние фитоценоза в день наблюдений. Процентное соотношение видов рассчитывается по правилу пропорции: например, 34 вида – 100%, 4 вида в определенной фазе – $x\%$, (4×100 и делим на 34), т.е. 4 вида составляют 12%.

Таблица 18

Комплексные фенологические показатели развития растительности в ельнике зеленомошно-черничниковом на северном склоне Шарпинской сопки, 21.08.2001г.

баллы генеративного развития											всего видов	баллы вегетативного развития											
0	1	...	4	5	6	7	8	9	10	1		0	..	5	6	7	8	9	..	12			
0	0	0	4	5	5	9	5	6	0	0	абсолютные числа, 34 вида	0	0	10	14	8	2						
			12	15	15	26	15	17			СФХ, %			29	41	24	6						
6,7±0,2											$\bar{K}_{\pm m}$	6,1±0,1											

Графически процентное соотношение видов наглядно отражается столбчатой диаграммой, у которой сектор соответствует проценту видов, находящихся в определённой фенофазе. Для каждого процесса развития (генеративного и вегетативного) характерно своё процентное соотношение видов, а значит и своя диаграмма (рис. 12).

Обследование участка растительности заканчивается составлением суммированных фенологических характеристик изучаемых процессов развития. Для каждой СФХ вычисляется средний фенологический коэффициент \bar{K} , представляющий собой средний балл фенологиче-

ского состояния фитоценоза, дополненный значением средней квадратической ошибки – m (Лакин, 1968). Расчет среднего фенологического коэффициента производится следующим образом: количество видов, отмеченных в определенной фенофазе умножается на цифровой балл фенофазы, затем сумма произведений делится на общее количество наблюдаемых видов.

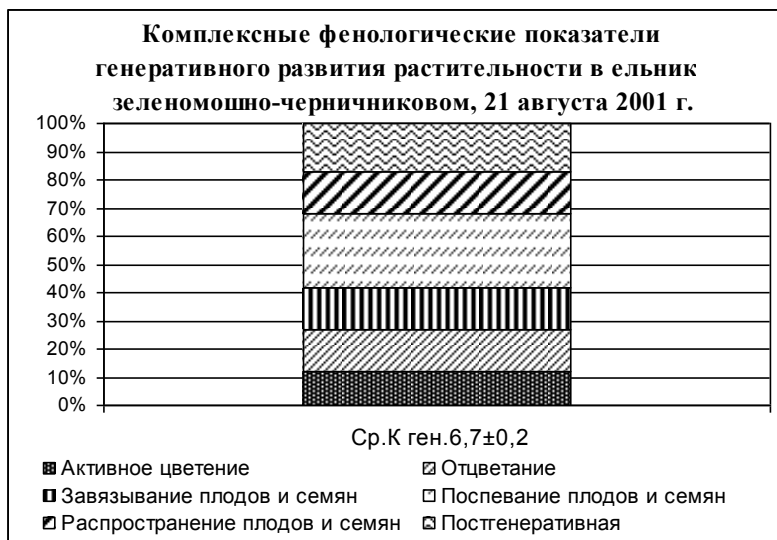


Рис. 12. Комплексные фенологические показатели развития растительности в ельнике зеленомошно-черничниковом на северном склоне Шарпинской сопки

В нашем примере это выглядит следующим образом:

$$(4 \times 4) + (5 \times 5) + (5 \times 6) + (9 \times 7) + (5 \times 8) + (6 \times 9) = 228$$

сумма баллов генеративного цикла 228, делим на 34 = **6,7**. Т.о. средний коэффициент генеративного развития в ельнике зеленомошно-черничниковом (Н 580 м) на 21 августа 2001 г. равен 6,7. Аналогичным способом производится расчет среднего балла вегетативного цикла. Средний фе-

нологический балл (\bar{K}) – это фенологическая характеристика, учитывающая фенологическое состояние всех видов растений фитоценоза, но выраженная по каждому процессу всего одним числом. Сопоставление среднего взвешенного балла с рядом фенофаз стандарта (табл. 15, 16) позволяет судить о состоянии сезонного развития фитоценоза в целом по изучаемому процессу на день исследования. Метод суммированных фенологических характеристик растительности позволяет сравнивать по сезонной динамике геокомплексы, резко различающиеся по видовому составу.

Чтобы выяснить достоверность различий по сезонному развитию растительности двух ландшафтных геокомплексов, вычисляется показатель существенности разницы – t по формуле:

$$t = \frac{\bar{K}_1 - \bar{K}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

где \bar{K}_1 – средний балл на одном участке, \bar{K}_2 – на другом участке; m_1 и m_2 – соответственно их средние ошибки.

Повторное обследование фитоценоза, проводимое через несколько дней, показывает насколько изменилось сезонное состояние фитоценоза за прошедшее между наблюдениями время. В этом случае кроме СФХ и \bar{K} данные о фенологическом развитии растительности можно дополнить показателями «фенологической скорости» (табл. 19).

Эта форма фенологической информации (скорость сезонного процесса за сутки) была предложена в шестидесятых годах В.А. Батмановым.

Мы различаем скорость фенофаз – « v », и скорость изменения среднего фенологического балла – « V ». Скорость

сти развития фенофаз рассчитываются по формуле:

$$v = \frac{(X_2 - X_1)}{n},$$

где $(X_1 - X_2)$ – процент видов, перешедших границу фенофазы в первый и второй день наблюдений соответственно, n – количество дней между наблюдениями (единица измерения – процент видов в сутки).

Таблица 19

Весеннее развитие ассимиляционного аппарата растительности горно-таежного пояса Шарпинской сопки с 17 по 25 мая 2002 г.

№ посещения	Дата	Фенофазы стандарта.									\bar{K}_v
		0	1	2	3	4	5	6	7	...	
		Суммированная фенологическая характеристика									
1.	17.05.	46	24	11	19	-	-	-	-	-	1,02
2.	25.05.	31	8	31	26	4	-	-	-	-	1,7
		Процент видов перешедших границу фенофаз.									
1.	17.05.	100	54	30	19	-	-	-	-	-	
2.	25.05.	100	69	61	30	4	-	-	-	-	
		Скорость фенофаз – v , (% в сутки)									Скорость $\bar{K}_v - v$, (доли балла/сутки)
		-	1,8	3,9	1,4	0,5	-	-	-	-	0,09

При характеристике сезонной динамики геокомплексов используется показатель скорости изменения среднего фенологического балла - «V», который вычисляется по формуле:

$$V = \frac{(K_2 - K_1)}{n},$$

где в числителе $(K_1 - K_2)$ – средний фенологический коэффициент в первый и второй день наблюдений соответственно, а в знаменателе – интервал времени (n) – количество дней между наблюдениями, измеряемый долями балла в сутки. Показатель фенологической скорости свидетельствует о том, как часто в этот промежуток времени виды сообщества переходили из одной фенофазы в другую. Показатель фенологической скорости дает информацию, усредненную за период между наблюдениями.

Для удобства сравнения протекания сезонной динамики в геокомплексах доли баллов переводятся в сутки. Для этого разница в баллах между ЛГК делится на скорость протекания процесса в одном из природных комплексов (типичном) за исследуемый период.

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.

Нередко для сравнения разных сообществ исследователи используют одни и те же виды растений. Однако, фенологическое состояние отдельных сходных видов может не соответствовать фенологическому состоянию всей растительности геокомплекса в целом и даже иметь тенденции сезонного развития, обратные сезонному развитию сообщества. Сравнение разных фитоценозов с помощью комплексных фенопоказателей ($S_{ФХ}$ и \bar{K}) имеет преимущество перед выше упомянутым в том, что сравниваются одинаковые процессы, а не виды растений. Отсюда сопоставление становится возможным и тогда, когда сообщества, а значит и ЛГК, сильно отличаются по видовому составу или вообще не имеют общих видов.

\bar{K} и СФХ – два необходимых взаимодополняющих друг друга комплексных фенопоказателя фитоценоза. Каждый из них по своему значим: \bar{K} обобщает СФХ, а СФХ «расшифровывает» \bar{K} .

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 фитоценозов позволят оценить экологическую изменчивость сезонных процессов, вычислить экофеноаномалии. Комплексные фенологические показатели геокомплекса, полученные при многократных фенологических исследованиях, показывают динамику сезонных изменений изучаемой территории.

Достоинства

- простота сбора и обработки информации
- возможность применения при однократных и при постоянных наблюдениях
- возможность отслеживать тенденции фенологических изменений растительных сообществ во времени и пространстве
- сравнимость результатов, полученных для фитоценозов, сильно отличающихся по видовому составу
- комплексность фенологической ха-

Недостатки

- количество и полный список видов феноплощади не всегда можно установить при первом посещении участка
- при увеличении количества наблюдаемых участков повышается трудоемкость

рактеристики

- возможность выразить информацию в краткой цифровой форме, поддающейся математической обработке
- однонаправленность показателей

4.7. Первичный метод индикаторов урожайности

Методы дайной группы характеризуют вещественный показатель фенологического состояния объекта в данный день на обследуемой территории. Название группы «Индикаторы урожайности», с точки зрения многих авторов (Куприянова, 2000; Скок 2006 и др.), не совсем удачно. Оно очень громоздко и требует дополнительного разъяснения. Урожай, урожайность в данном случае понимаются В.А. Батмановым очень широко. К вещественным показателям фенологического состояния объекта, кроме урожая в обычном понимании этого слова (плодов, семян и т. п.), Владимир Алексеевич отнес и самые различные морфометрические параметры растений и животных: размеры листьев, стеблей, корней, крыльев птиц и бабочек, их окраску, величину кладок и т. д. К ним же надо причислять и вещественные показатели, характеризующие фенологическое состояние объектов неорганической природы. Например, высоту снежного покрова, глубину промерзания и оттаивания почвы, температуру. Методы этой группы разработаны теоретически достаточно слабо.

При работе ***первичным методом индикаторов урожайности***, как правило, пользуются различными шкалами глазомерных оценок. Для примера приведем шкалу глазомерной оценки обилия цветения, помещенную в книге «Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка): Унифицированное руководство для доб-

ровольной фенологической сети», (1982, с. 217):

0 – в год наблюдений данное растение не цвело.

1 – цветение очень слабое. Цветки имеются лишь у отдельных растений данного вида.

2 – цветение слабое. Небольшое количество цветков у многих растений данного вида.

3 – цветение среднее. Умеренное количество цветков у многих растений данного вида.

4 – цветение хорошее. У большинства растений много цветков.

5 – цветение очень хорошее. Очень большое количество цветков у подавляющего большинства растений данного вида. (Оценка производится в период разгара цветения.)

Подобные шкалы составлены для оценки плодоношения ягодников, урожая шишек, плодов и семян древесных пород и кустарников, урожая съедобных грибов и т. д. В практике экологических исследований широкое распространение получила глазомерная оценка урожая по шкале В.Г.Каппера (1930), несколько видоизмененная А.Н. Формозовым (1934):

0 - неурожай (шишек, плодов или семян нет).

1 - очень плохой урожай (шишки, плоды или семена имеются в небольших количествах на опушках и на единично стоящих деревьях в ничтожном количестве).

2 - слабый урожай (довольно удовлетворительное и планомерное плодоношение на свободностоящих деревьях и по опушкам, слабое - в насаждениях).

3 - средний урожай (довольно значительное плодоношение на опушках и свободностоящих деревьях и удовлетворительное в средневозрастных и спелых насаждениях).

4 - хороший урожай (обильное плодоношение на опушках и свободностоящих деревьях и хорошее в средневозрастных и спелых насаждениях).

5 - очень хороший урожай (обильное плодоношение как на опушках и свободностоящих деревьях, так и в средневозрастных и спелых насаждениях).

При работе этим методом не производится подсчетов и измерений, урожай, как видно из приведенных шкал,

оценивается весьма приближенно.

В некоторых случаях глазомерная оценка может привести к неправильным выводам относительно действительного запаса семян, так как шишки могут оказаться поврежденными вредителями и болезнями и содержать мало семян. Так, например, Д. Н. Данилов (1941) приводит следующее сравнение урожайности еловых семян в Центральном лесном заповеднике в 1936 и 1937 гг.:

Показатели	1936 г.	1937 г.
Число плодоносящих стволов	212	280
Средняя урожайность одного дерева	79	113
Общее число шишек на 1 га	16800	31720
Оценка урожая по шкале Каппера	3	4
Средняя длина шишки в см	10,3	7,9
Среднее число чистых семян в одной шишке	133	41
Вес 1000 чистых семян, в г	6,65	3,26
Общий вес чистых семян на 1 га, в кг	14,86	4,24
Полнозернистость семян, в %%	92,0	36,4
Общий вес полных семян на 1 га, в кг	14,35	2,95
Вес ядра, в %% от общего веса семян	70	70
Запас корма на 1 га, в кг	10,04	2,06

Из этого примера становится ясным, насколько большая разница может быть между глазомерной оценкой урожая и абсолютным количеством полноценного корма. Однако, при рекогносцировочных исследованиях приходится прибегать к глазомерной оценке урожайности древесных семян и, как показала практика составления прогнозов численности белки (Кирис, 1941), при сборе массового материала получают вполне удовлетворительные результаты.

4.8. Интегральный метод индикаторов урожайности

Интегральный метод индикаторов урожайности значительно более точный. Подобно интегральному описательному методу, его можно назвать методом суммированного отчета. Результат проведенного наблюдения складывается как обобщение определенного числа ответов на поставленный вопрос. Рассмотрим типичный пример использования интегрального метода индикаторов урожайности, который может быть рекомендован для школьных фенологических исследований. В качестве вещественного показателя выбрана высота стебля какого-либо травянистого растения. На участке измеряется высота у определенного (n-ного) числа растений. Мы рекомендуем для подобных целей брать не менее 100 учетных единиц (чем больше выборка, тем точнее результат, кроме того, большее количество учетных единиц позволит в некоторой степени избежать влияния внутривидовой изменчивости признака). В полевых условиях результаты измерений удобно заносить в клетчатые квадраты или прямоугольники (для одной учетной единицы одна клетка), оценка дается в выбранных единицах измерения, например в сантиметрах. Допустим, проведенные измерения имеют результаты (см. табл. 20):

Таблица 20

Результаты измерения длины стебля чины весенней
в долине реки Гремиха, 10.06.2008 г.

5	7	15	8	11	9	6	12	10	7
14	7	9	11	6	6	8	6	9	13
9	8	10	13	7	6	11	6	7	10
10	12	5	7	11	9	14	5	9	6
8	10	7	13	4	8	10	8	7	12
9	8	10	13	7	6	11	6	7	10
8	10	7	13	4	8	10	8	7	12
14	7	9	11	6	6	8	6	9	13
5	7	15	8	11	9	6	12	10	7

10	12	5	7	11	9	14	5	9	6
----	----	---	---	----	---	----	---	---	---

Основные параметры выбранного для наблюдений вещественного показателя - его средняя арифметическая величина и мера ее изменчивости. Средняя высота рассчитывается суммированием всех величин и делением на общее количество наблюдаемых единиц. В нашем примере она равна 9 см. Мера изменчивости обычно характеризуется средним квадратическим отклонением « δ », которая вычисляется по формуле:

$$\delta = + \sqrt{\frac{\Sigma(M - M')^2}{n - 1}}$$

где M — отдельные измерения, M' — средняя арифметическая величина, n — количество измеренных учетных единиц (в нашем случае 100). Среднее квадратическое отклонение у нас получилось равным ± 3 . Зная его, можно вычислить среднюю ошибку средней арифметической:

$$m = + \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \pm 0,3.$$

Важным показателем, делающим сравнимой величину изменчивости самых различных единиц, является коэффициент вариации. Он характеризует отношение среднего квадратического отклонения к своей средней арифметической, выраженное в процентах:

$$V = \frac{\delta}{M} \times 100 \%$$

Существуют разные уровни изменчивости признаков (Табл. 21). Чем ниже уровень изменчивости, тем надежнее, точнее феноуказатель, тем меньше можно брать n для получения одинаковой точности наблюдения. Коэффициент вариации в нашем примере равен 34%, то есть является повышенным.

Таблица 21

Шкала уровней изменчивости признаков

(по С. А. Мамаеву (Куприянова М.К. и др., 2000))

Уровни изменчивости признака	Коэффициент вариации
очень низкий	менее 7%
низкий	7 – 15%
средний	15 – 25%
повышенный	25 – 35%,
высокий	35 – 50%
очень высокий	более 50%

Средние ошибки при работе данным методом нужны для установления математической достоверности получающихся при исследованиях различий, например, при сравнении двух участков. Вычисляется показатель существенности разницы, который затем сравнивается с критерием надежности, и делаются определенные выводы. Оценка урожая плодов и семян растений в разных ГК дает интересный материал для ландшафтоведов и экологов. Соседние геокомплексы с контрастными природными условиями могут давать устойчиво противоположную картину по плодоношению доминирующих растительных видов. Однако, результаты наблюдений доказательнее, если они могут быть количественно оценены. Батмановым В.А. и Щенниковой З.Г. широко использовались оценки урожайности ягодников, выражаемые количеством ягод на единицу площади. Этот метод можно применять при относительно равномерном размещении ягодника по территории. Если обследование провести дважды, то можно получить динамику урожая от цветков до ягод (Куприянова, 1995).

Отметим общие характеристики метода:

Достоинства

- имеет высокую степень точности
- хорошо поддается математической обработке
- рекомендуется применять

Недостатки

- достаточно трудоемкий
- требователен к количеству объектов

для специальных эколого-географических (для оценки степени благоприятности условий различных участков) или биологических (сбор материала по полиморфизму растений и животных) исследований.

4.9. Методы экометрической группы

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 при работе экометрическими методами территория разбивается на зоны с разным фенологическим состоянием объекта. В. А. Батманов предложил трактовать название данной группы методов так: «Территорию среды измеряю». Методы данной группы делятся на два блока: экометрический первичный и экометрический интегральный.

В настоящем разделе мы остановимся на краткой характеристике первичного экометрического метода, т.к. экометрический интегральный из-за своей сложности и трудоемкости не может быть рекомендован для использования при проведении фенологических наблюдений со школьниками.

Основная задача элементарного наблюдения при *первичном экометрическом методе* заключается в нахождении точки x , лежащей на предельной линии, разграничивающей точки и 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 пря-

мой, соединяющей точки a и b , мы должны найти точку x , которая относится к линии, разбивающей территорию на зоны с различным фенологическим состоянием объекта (в нашем примере на зону точек a и зону точек b). Не имея информации о том, что располагается между a и b , мы допустим наименьшую из возможных максимальных ошибок, если предположим, что искомая точка x лежит в середине интервала ab .

а _____ х _____ б

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 (при равномерном распространении по всей территории и в большом количестве).
- Точки обследования располагаются в геометрическом порядке на одинаковом расстоянии друг от друга.

Маршрутные съемки

- Проводятся при неравномерном распространении объекта по территории, но все-таки в достаточном количестве.
- Объекты наблюдений: растения, гнезда птиц, снежный покров
- Расположение точек обследования обуславливается выбранным маршрутом и встречаемостью объекта.

Во время проведения съемки в *полевых* условиях заполняется дневник съемки, в котором записываются ре-

зультаты наблюдений в каждой точке, и абрис съемки, где показывается в масштабе взаимное расположение точек. Лучше, если для этих целей имеется топографическая основа. Название «точка» и данном случае условно. 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.

Камеральная обработка полевых материалов состоит из нескольких этапов. Здесь возможны два случая:

1) наблюдения в точках по маршруту проводятся лишь **с качественной оценкой** фенологического состояния объекта. Сначала на абрис около каждой точки наносится результат наблюдения: например, фенологическое состояние *a* или *б* (рис 13).

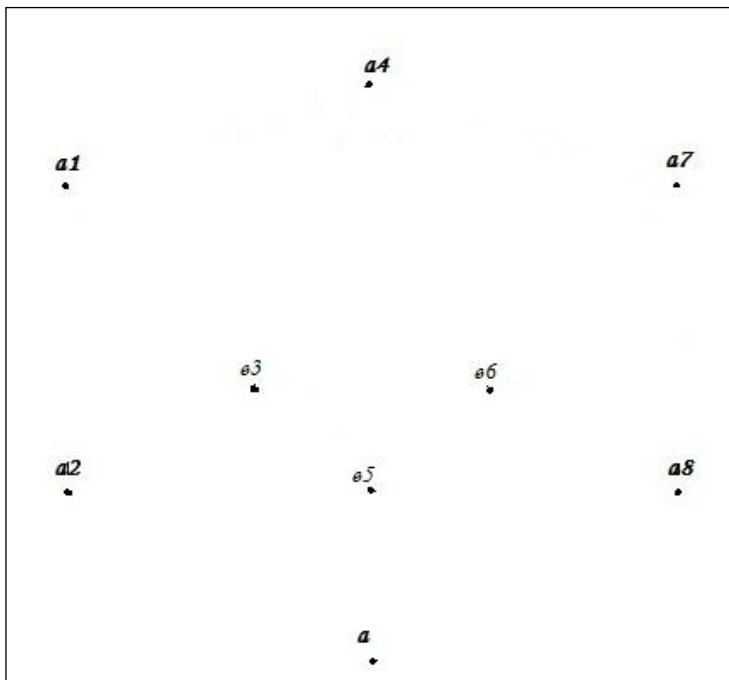


Рис. 13. Результаты наблюдений за фенологическим состоянием

Затем соседние точки соединяются прямыми линиями, и каждая пара анализируется (рис. 14). Задачей каждого элементарного наблюдения при первичном экометрическом методе является нахождение предельной точки x , лежащей на линии, разграничивающей территорию на зоны с различным фенологическим состоянием объекта. У нас получилась типичная система элементарных наблюдений, т. е. задача расширилась: надо найти не одну точку x , а все возможные. По нашей нуль-гипотезе, точки x лежат в серединах интервалов, получившихся между точками обследования.

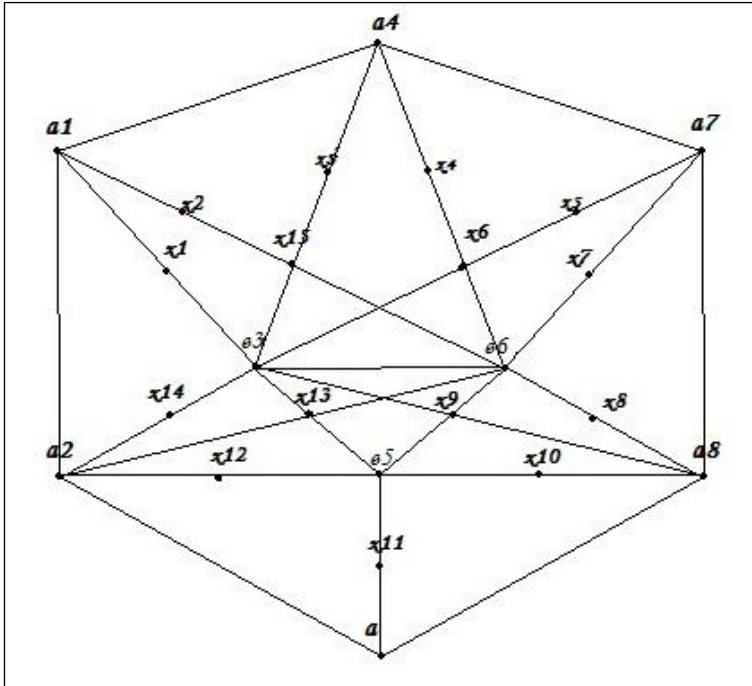


Рис. 14. Построение промежуточных точек.

Найденные таким образом точки соединяются и образуют искомую предельную линию, разбивающую территорию на две зоны с различным фенологическим состоянием объекта (рис. 15). Полученные зоны заштриховываются или раскрашиваются в соответствии с выбранными условными обозначениями (рис. 16).

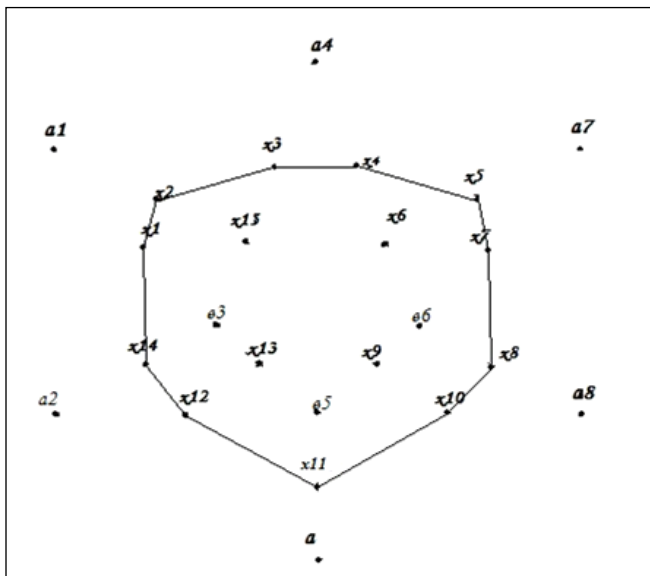


Рис. 15. Соединение точек, лежащих на предельной линии

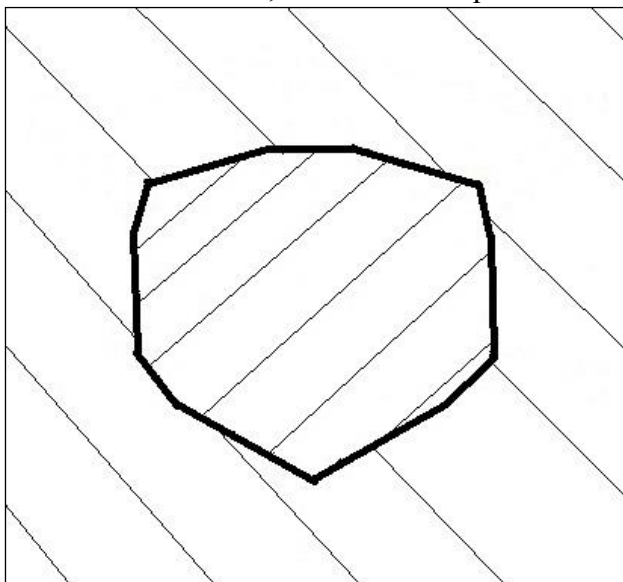


Рис.16. Зоны с состоянием объекта «а» и «б» (показаны различной штриховкой)

2) наблюдения имеют результаты с количественными показателями (в виде цифр).

Рассмотрим этапы камеральной обработки на примере фрагмента сплошной съемки по высоте снежного покрова у подножья южного склона г. Чертово городище 27 февраля 2010 года. В полевых условиях промеры глубины снега определяются снегомерной рейкой с точностью до 1 см. Расстояние между участниками съемки, как и между промерными линиями во время проведения исследования рекомендуется соблюдать в пределах 5 м. Фактический материал в поле наносится на абрис. Здесь же отмечаются особенности растительности (кустарники, кустарнички), выходов горных пород, особенностей микрорельефа, и т.п.

В камеральных условиях необходимо определить максимальную амплитуду показателей, т.е. оценить цифровой разброс результатов промеров (рис. 17). В нашем случае наименьшая высота 12 см, наибольшая – 72 см. Для разбивки территории на зоны надо выбрать значения изолиний. Обычно для удобства обработки и анализа их выбирают кратными 10 или 5. В нашем примере целесообразно взять изолинии 20, 30, 40, 50, 60 и 70 см. Проведение изолиний, соединяющих точки с одинаковой высотой снежного покрова, осуществляется методом интерполяции, т.е. предполагается, что высота снежного покрова от точки к точке изменяется равномерно. На самом деле это далеко не так. Однако мы не имеем никакой информации по этому поводу, поэтому принимаем условие равномерности изменения высоты снега. *Так, например, между точками 12 и 35 можно провести изолинии 20 и 30, различия по высоте снега в этих точках составляют 23 см. Отрезок на абрисе делим на 23 равные части. На отрезке находим значения «20» и «30».* Таким образом анализируется каждая пара точек промеров (рис. 18).

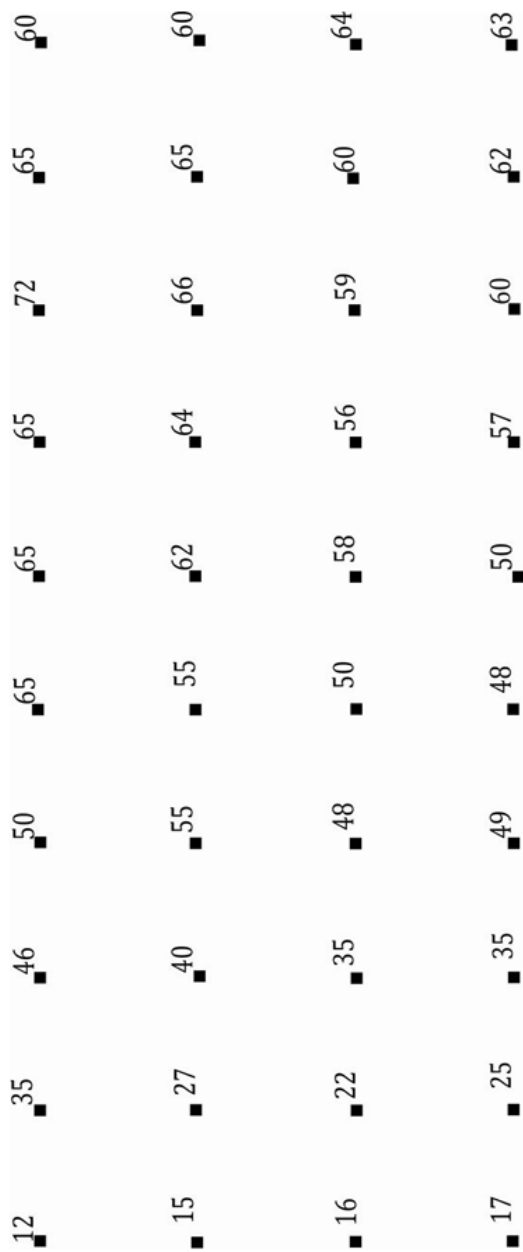


Рис. 17. Фрагмент карты сплошной снегомерной съемки
(южный склон горы Чертово городище, 27.02.2010 г.).

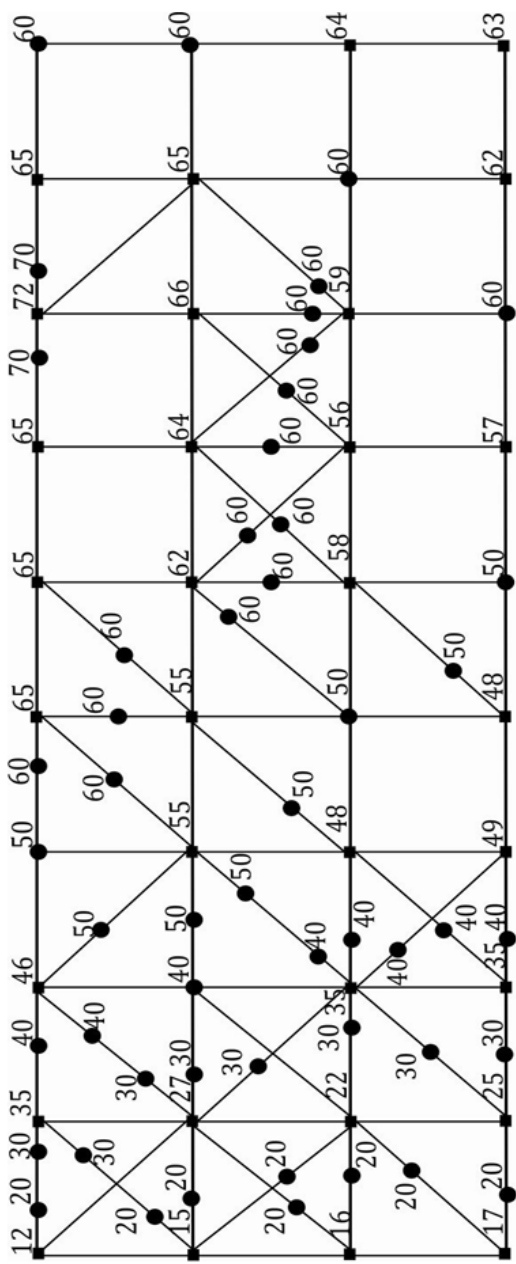


Рис. 18. Интерполяция значений высоты снега.

Проводя изолинию, следует помнить, что цифровой показатель мы относим к середине квадрата, и что по одну сторону располагаются значения, больше ее величины, а по другую – меньше (рис.19). Изолиниями территория разбивается на зоны с разной высотой снежного покрова. Зон всегда будет на одну больше, чем значений изолиний. После проведения изолиний на абрисе необходимо перенести получившиеся данные на белый лист (простым карандашом подписать значения изолиний).

Последним этапом обработки результатов съемки является составление шкалы высоты снега и раскраска или штриховка карты в соответствии с ней (рис.20). Можно брать цветовую гамму по принципу: чем меньше мощность снега, тем темнее. Завершаем оформление схемы подписью названия – в верхней центральной части листа с указанием места съемки и даты. Направление север-юг указываем в верхнем левом углу, в нижнем правом углу – масштаб. Только после завершения оформления можно анализировать полученные результаты.

Общие характеристики методов экометрической группы:

Достоинства

- отличаются своей ярко выраженной географичностью
- дают интересный материал для характеристики природы
- могут быть рекомендованы для внеклассной краеведческой работе

Недостатки

- достаточно сложны и трудоемки
- могут использоваться только со школьниками среднего и старшего звена

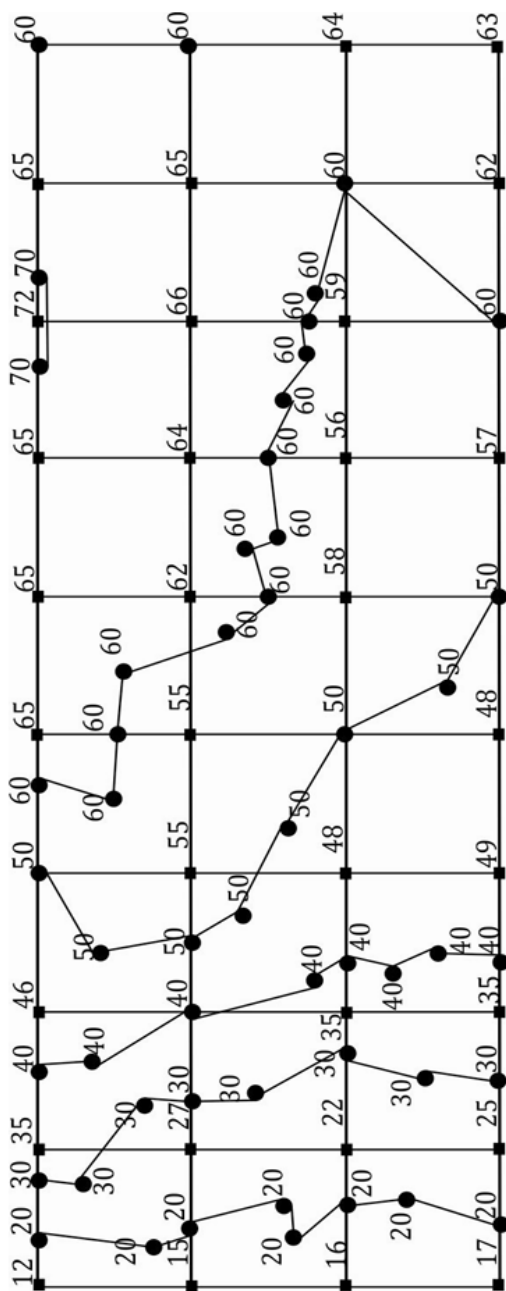


Рис. 19. Проведение изолиний

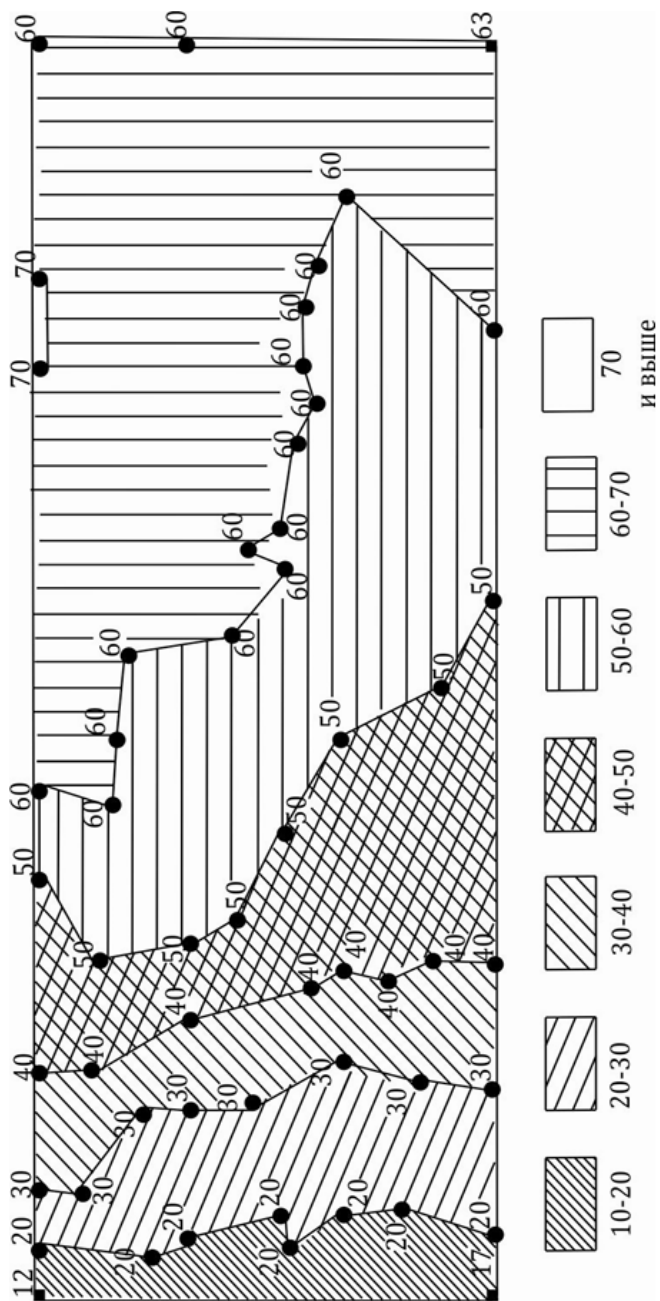


Рис. 20. Фрагмент карты высоты снежного покрова у подножья южного склона

Контрольные вопросы:

1. На чем основана классификация фенологических методов по В.А. Батманову? Назовите примеры показателей фенологического состояния объекта.
2. Объясните, почему первичный метод группы регистраторов срока называется классическим? Каковы его основные достоинства и недостатки. При изучении каких школьных дисциплин можно применять результаты, полученные этим методом?
3. В чем сущность методов описательной группы? Какой из них является более точным? Ответ аргументируйте. Какова возможность применения данных методов в школе?
4. Каковы особенности методов группы индикаторов урожайности? В чем, по Вашему мнению, состоят недостатки методов данной группы? Каким образом можно их устранить?
5. В чем состоят различия в технологии оформления результатов экометрической съемки с качественной и количественной оценкой феносостояния объекта?

Глава 5. Географические закономерности сезонного развития природы

5.1. Экзогенные факторы сезонной динамики живой природы

По закону целостности географической оболочки Земли, все протекающие в ландшафтах сезонные процессы взаимодействуют между собой. Но степень влияния одного процесса на другой различна. В одних случаях это влияние существенно, в других – менее значительно, в третьих настолько слабо, что при современном уровне хозяйства может игнорироваться. Процессы, оказывающие существенное или заметное влияние на сроки наступления сезонных явлений природы, называются **факторами** сезонной динамики природы.

Различают факторы внешние, или **экзогенные**, и факторы внутренние, или **эндогенные**. Экзогенные факторы действуют на геосистему из внешней среды, эндогенные возникают в самой геосистеме. Наиболее важными являются экзогенные факторы сезонной динамики живой природы, т.к. они определяют общие черты и закономерности изменения сезонных процессов на пространствах земного шара.

К основным **экзогенным** факторам сезонной динамики на земном шаре относятся **сезонный ход солнечной радиации, термический (температурный) режим и режим влажности**. Кроме того, на региональном и локальном уровнях необходимо учитывать влияние ветрового фактора, океанических течений, биогенных и антропогенных факторов и т. д. Охарактеризуем подробнее основные экзогенные факторы сезонного развития природы.

Солнечная радиация – основной источник энергии процессов, совершаемых в географической оболочке. С широтой она резко меняет свой режим: количество сум-

марной лучистой энергии на единицу поверхности Земли от экватора к полюсам быстро убывает (рис. 21). Наибольшее на Земле годовое количество суммарной радиации приходится на поверхность тропических внутриконтинентальных пустынь (до 220 ккал/см²/год). На экваторе вследствие высокой влажности и большой облачности суммарная радиация снижается до 120-160 ккал/см²/год. Поверхность умеренных широт получает 80-100 ккал, в Арктике 60-70, а в Антарктиде – при частой повторяемости ясных дней и большой прозрачности атмосферы – до 120 ккал/см² в год. В общем, распределение суммарной радиации по земной поверхности имеет зонально-региональный характер.

Количество радиации, получаемое поверхностью планеты по сезонам также неравномерно. От субтропиков к полюсам происходит сокращение летнего периода и увеличение зимнего. Разница в приходе солнечного тепла между высокими и низкими широтами связана с различиями в углах падения солнечных лучей и особенностями подстилающей поверхности.

С широтой по сезонам меняется соотношение длины дня и ночи. Количество солнечной радиации, получаемое поверхностью, находится в прямой зависимости от продолжительности ее освещения солнечными лучами. Поэтому между тропиками длина дня и ночи почти одинакова и их соотношение в течение года почти не меняется. В средних широтах летом светлая часть суток заметно длиннее, чем ночная. Вблизи 60-й параллели в мае-июне наблюдается явление «белых ночей». За полярным кругом, в арктических и антарктических широтах, летом

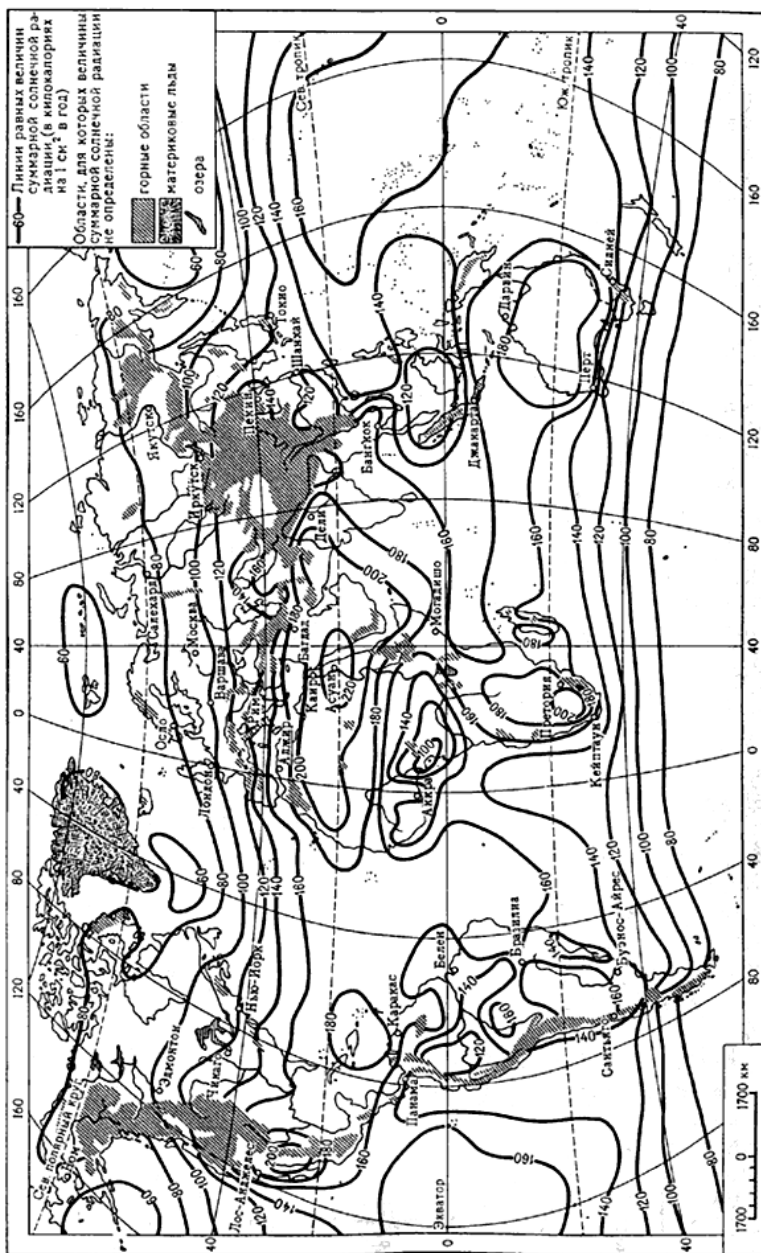


Рис. 21. Суммарная солнечная радиация (Шубаев, 1977)

В это время, в условиях непрерывного освещения, полярные районы получают максимальное на Земле количество солнечной радиации за сутки. Зимой же в этих областях Солнце не поднимается из-за горизонта и наступает непрерывная полярная ночь.

Сложный и противоречивый процесс прихода и расхода солнечного тепла поверхностью земного шара выражается радиационным балансом. *Радиационный баланс* земной поверхности - разность между суммарной солнечной радиацией, поглощенной земной поверхностью, и ее эффективным излучением. Он служит энергетической основой общей циркуляции атмосферы, водного режима суши, морских течений и других поверхностных физико-географических процессов, а также существования и развития всей органической природы. Радиационный баланс изменяется в пространстве (по широтам) и во времени (по сезонам, в течение суток). Эти изменения определяются, в основном, разной суммарной радиацией. Средняя годовая величина радиационного баланса уменьшается от экватора к полюсам, и для планеты составляет около 60 ккал/см (рис. 22).

В экваториальном поясе сезонных колебаний радиационного баланса нет: и в декабре, и в июле он равен 6-8 ккал/см²/мес. на суше и 10-12 ккал/см²/мес. на море. В тропических широтах уже отчетливы сезонные колебания. В северном полушарии – в Северной Америке, Южной Азии и Центральной Америке – в декабре баланс равен 2-4 ккал/см², а в июне 6-8 ккал/см² в месяц. Такая же картина в южном полушарии: выше в декабре, ниже в июне. Наибольшая амплитуда радиационного баланса свойственна материковому северному полушарию. В декабре во всем умеренном поясе к северу от субтропиков (нулевая линия проходит через Францию – Среднюю Азию – Хоккайдо) баланс отрицательный.

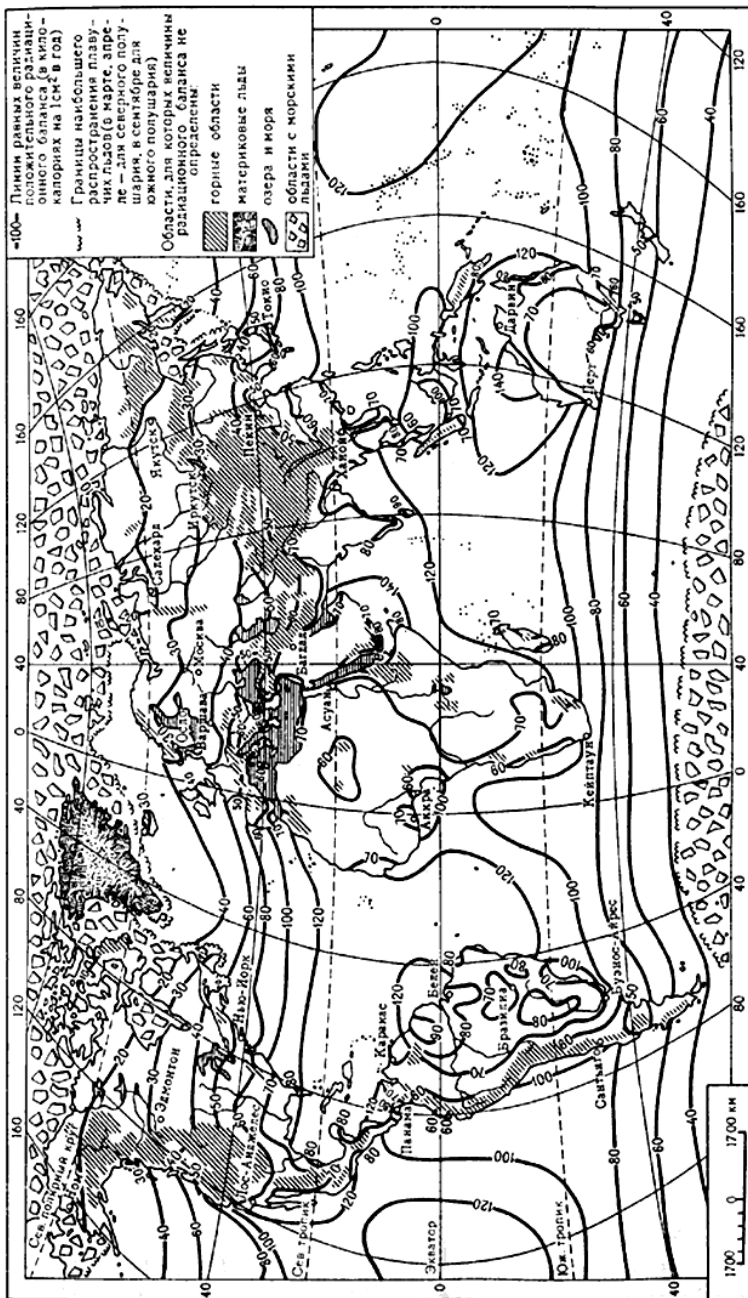


Рис. 22. Годовой радиационный баланс (Неклюкова, 1975)

В июне даже близ полярного круга радиационный баланс равен 8 ккал/см^2 в месяц.

Свет обеспечивает важнейший для биосферы процесс фотосинтеза зелеными растениями органического вещества. По спектральному составу солнечный свет неоднороден. В него входят лучи, имеющие различную длину волны. Из всего спектра для жизни растений важна фотосинтетическая активная – с длиной волны 380-710 нм, и физиологически активная радиация – ФАР (300-800 нм). Причем, наибольшее значение имеют красные (720-600 нм) и оранжевые лучи (620-595 нм). Именно они являются основными поставщиками энергии для фотосинтеза и влияют на процессы, связанные с изменением скорости развития растения – избыток красной и оранжевой составляющей спектра задерживает переход растения к цветению. Синие и фиолетовые (длиной 490-380нм) лучи, кроме непосредственного участия в фотосинтезе, стимулируют образование белков и регулируют скорость развития растения. У растений, живущих в природе в условиях короткого дня, эти лучи ускоряют наступление периода цветения. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 315-380 нм задерживают «вытягивание» растений и стимулируют синтез некоторых витаминов, а ультрафиолетовые лучи с длиной волны 280-315 нм повышают холодостойкость.

В средних широтах увеличение светового дня весной определяет максимально быстрое и полное распускание почек, облиствение, т.е. развертывание ассимиляционного аппарата. Сокращение светового периода осенью, перед губительными морозами, обуславливает расцвечивание листвы, ее отмирание у листопадных растений или законсервирование у вечнозеленых.

Световой режим любого местообитания зависит от его географической широты, высоты над уровнем моря, состояния атмосферы, сезона и времени суток, солнечной

активности, характера растительности и т. д. Поэтому разнообразие световых условий на нашей планете чрезвычайно велико: от таких сильно освещенных территорий, как высокогорья, пустыни, степи, до сумеречного освещения в водных глубинах и пещерах. В разных местообитаниях различаются не только интенсивность света, но и его спектральный состав, продолжительность освещения, пространственное и временное распределение света разной интенсивности и т. д. Соответственно, разнообразны и приспособления растений к жизни при том или ином световом режиме. Растения в течение вегетационного периода на открытых и разреженных местообитаниях в достаточной степени обеспечены ФАР, сохраняющейся как при высоком, так и при низком стоянии Солнца, а также при ясной и пасмурной погоде. Физиологи растений установили, что влияние на растения красной (длинноволновой) и синей (коротковолновой) радиации неодинаково. В природных условиях небольшие колебания в составе света заметного влияния на сезонное развитие растений не оказывают. Лишь в высокогорьях (например, на Памире) установлено, что богатый ультрафиолетом свет задерживает развитие хлебных злаков. Местные же виды и у верхних границ растительности развиваются нормально. Солнечный свет стимулирует образование не только зеленого пигмента, но и других пигментов у растений и животных, включая и явление загара у людей (Шульц, 1981).

Большое влияние на радиационный баланс оказывает характер подстилающей поверхности. Суммарная радиация, достигшая земной поверхности, частично поглощается почвой и водоемами, и переходит в тепло, над океанами и морями расходуется на испарение, частично отражается в атмосферу (отраженная радиация). Соотношение усвоенной и отраженной лучистой энергии зависит от характера суши, угла падения лучей на водную поверхность. Погло-

ценную энергию измерить практически невозможно. Земной шар в целом отражает почти половину (45%) падающего на него солнечного света. Отношение количества отраженной от поверхности тела лучистой энергии к количеству всей падающей на нее энергии называется *альбедо*. В зависимости от характера поверхности альбедо может быть различным. Приведем примеры для некоторых типов земной поверхности:

базальтовая лава	6-8	хвойный лес	6-19
песок	10-35	лиственный лес	16-30
известняк	50-60	травянистый покров	20-26
вспаханные почвы:		вода	5-35
черноземы	5		
подзолы	до 20	снег	50-90

В умеренном поясе отражательная способность поверхностей усиливает разницу в радиационном балансе между сезонами года. В сентябре и марте Солнце стоит на одинаковой высоте над горизонтом, но март холоднее сентября, так как солнечные лучи отражаются от снежного покрова. Появление осенью сначала желтых листьев, а затем инея и временного снега увеличивает альбедо поверхности и снижает температуру воздуха. Зимой устойчивый снежный покров почти на всей территории России, имея большое альбедо, ускоряет выхолаживание и вызывает дальнейшее снижение зимних температур. Если бы удалось растопить заснеженный ледовый покров Северного Ледовитого океана, тем самым снизив его альбедо, океан стал бы незамерзающим. Растительный покров обычно несколько снижает альбедо по сравнению со светлоокрашенной почвой. Немаловажную роль играет также рельеф местности, в частности, солнечная экспозиция и крутизна склона.

Радиационный баланс меняется изо дня в день, но на одной широте в определенный календарный день из года в год остается постоянным. В каждом географическом пункте он является точнейшим природным календарем. Это резко отличает его от ветрового режима и режима влажности, для которых характерна значительная погодичная изменчивость.

Радиационный баланс фенологам необходимо учитывать в нескольких случаях. Во-первых, при изучении фенологии лесных кустарниковых и высокотравных сообществ, развивающихся под пологом более высоких растений. В этих условиях большинство видов испытывает световое голодание, что замедляет их развитие. Во-вторых, в средних и высоких широтах сокращение светового дня осенью играет главную роль в определении сроков отмирания листьев листопадных деревьев и кустарников и летнезеленых трав. Сокращение дня из года в год наступает точно в одни и те же календарные сроки. Поэтому погодичная изменчивость фенодат осеннего расцветивания листвы и листопада значительно меньше, чем погодичная изменчивость большинства других сезонных явлений.

В-третьих, календарно фиксированные соотношения длины дня и ночи в мире растений и животных часто используются в качестве пусковых сигналов самых различных сезонных процессов. Содержание и характер фотопериодических воздействий зависит от эндогенных свойств отдельных видов и форм растений и животных. Например, хризантемы, георгины, цитрусовые в средних широтах зацветают поздно, так как способны переходить к цветению после 10-12 часового светового дня. Такая длина дня в природных условиях наблюдается в конце лета и начале осени. Установлено, что содержание летом промысловых пушных зверей (норок, хорьков, лисиц) при коротком световом дне ускоряет созревание зимнего меха.

Более подробно явление фотопериодизма рассмотрено в п.п. 5.2.

Термический режим атмосферы является важнейшей характеристикой климата и определяется прежде всего теплообменом между атмосферным воздухом и окружающей средой – космическим пространством, соседними массами или слоями воздуха и особенно с земной поверхностью. Распределение температуры воздуха в атмосфере и непрерывные изменения этого распределения называют тепловым балансом атмосферы.

Теплообмен осуществляется, во-первых, радиационным путем, т.е. при собственном излучении из воздуха и при поглощении воздухом радиации Солнца, земной поверхности и других атмосферных слоев. Во-вторых, путем теплопроводности – молекулярной между воздухом и земной поверхностью и турбулентной внутри атмосферы. В-третьих, передача тепла между земной поверхностью и воздухом может происходить в результате испарения и последующей конденсации или кристаллизации водяного пара. Кроме того, изменения температуры воздуха могут происходить независимо от теплообмена, адиабатически. Такие изменения температуры связаны с изменениями атмосферного давления, особенно при вертикальных движениях воздуха.

Решающее значение для теплового режима атмосферы имеет теплообмен с земной поверхностью путем теплопроводности. В результате сложного энергетического обмена между земной поверхностью, атмосферой и межпланетным пространством каждый из этих компонентов получает в среднем столько же энергии от двух других, сколько теряет сам. Следовательно, ни земная поверхность, ни атмосфера не испытывают ни приращения, ни убывания энергии.

Поглощенная часть падающей на поверхность Зем-

ли солнечной радиации трансформируется в основном в тепловую энергию. Если бы земная поверхность была однородна, а атмосфера и гидросфера неподвижны, распределение тепла по поверхности Земли определялось бы только поступлением солнечной радиации и температура воздуха постепенно убывала бы от экватора к полюсам. Действительно среднегодовые температуры воздуха определяются тепловым балансом и зависят от характера подстилающей поверхности и непрерывного межширотного теплообмена, осуществляемого посредством перемещения воздуха и вод Мирового Океана.

Годовая амплитуда температур увеличивается по сезонам года от экватора к полюсам. Наиболее важным фактором сезонной динамики природы в странах умеренного климата является термический режим, оказывающий влияние на все стороны этой динамики. Особенно тесно термический режим связан с режимом влажности. В фенологической практике термический режим среды (воздуха, воды, почвы) оценивается по ее температуре. Для сезонной динамики природы имеют значение следующие термические параметры: *уровень температуры, длительность теплых сезонов, характер сезонной динамики термического режима* (быстрый или медленный подъем температуры весной и ее спад осенью), *характер суточного ритма термического режима* (малые и большие суточные амплитуды температуры).

Внетропическим зонам земного шара свойствен холодный сезон – зима, когда мир растений и холоднокровных животных пребывает в покое. Переход природы в зимнее состояние почти на всей территории России коррелирует со среднесуточной температурой среды ниже 0°. Не следует представление о зимнем покое понимать буквально. Зимой в неживой природе продолжают процессы передвижения воздушных масс, перераспределения

влаги. Теплокровные животные, птицы и млекопитающие, способные находить зимой пропитание, продолжают активную жизнь. Клесты, питающиеся семенами хвойных деревьев, зимой выводят и выкармливают птенцов. У многих видов млекопитающих (лис, волков) спаривание происходит в зимние месяцы. Налим мечет икру в январе, на стыке старого и нового года. В зимующих личинках и куколках насекомых и других членистоногих медленно, но происходит развитие.

Не прекращается жизнь зимой у многолетних и озимых растений. В периоды относительного потепления в точках роста под укрытием защитных покровов продолжают процессы развития. Именно поэтому после теплых осени и зимы деревья, многолетние и озимые травы вступают в весну с более развитыми почками возобновления, чем после суровых зим. В разные по погодным условиям годы распускание листовых почек, а у раноцветущих видов – цветочных почек, происходит различными темпами и при различных уровнях тепла. Особенно велико значение зимних условий для последующего развития многолетних и озимых растений на юге России. Итак, ход весенних фенофаз у деревьев, кустарников, многолетников и озимых растений зависит не только от термического режима весны, но и от предшествующих осенних и зимних сезонов.

Переход к весеннему состоянию природы на территории России происходит при потеплении выше 0° . Весной повышение температуры возвращает к активной жизни покоившиеся зимой организмы, вызывает прораствание семян, вылупление личинок беспозвоночных. Каждому виду организмов свойственно свое пороговое значение температуры среды (воздуха, воды или почвы), ниже которого активного развития уже не происходит. Это значение называется *биологическим нулем*.

Все организмы по их отношению к термическому режиму образуют непрерывный ряд от наиболее холодовыносливых до наиболее теплолюбивых. В целях удобной генерализации биологи условно разбили этот ряд на 4 группы: гекистотермы, микро-, мезо- и мегатермы.

Гекистотермы – холодовыносливые организмы с порогом жизнедеятельности, близким к 0° . Они широко представлены в Арктике, Антарктике и в горах выше снеговой (нивальной) линии. Это почвенные микромицеты, высшие водоросли, многочисленные планктонные организмы в арктических и антарктических морях, развивающиеся при температуре, нередко приближающейся к -1° . Микроскопические водоросли не только питаются и растут, но и размножаются в тающем снегу и на плавающих льдинах. К гекистотермам близки ранневесенние организмы, в т. ч. лишайники, мхи, дриада, камнеломки, полярный мак, безвременник. Начало их активной жизнедеятельности падает на субсезон снеготаяния.

Микротермы – организмы с нижним термическим порогом жизнедеятельности около $+5^{\circ}$. При наступлении холодов они теряют значительную часть влаги, у них повышается содержание сахаров в клетках, период с низкими температурами переносят в состоянии глубокого зимнего покоя. Характерны для субарктического и умеренного климатических поясов (например, хвойные растения), пробуждаются после зимнего покоя в субсезон оживления весны.

Мезотермы – организмы с нижним порогом жизнедеятельности около $+10^{\circ}$. К группе относится большинство видов листопадных деревьев и кустарников (теплолюбивые, но не жаростойкие растения), а также животных, обитающих в умеренном климатическом поясе, пробуждающихся в субсезон разгара весны (зеленой весны). Типичные мезотермы не имеют никаких приспособлений к

температурному режиму, поэтому не выносят резких перепадов температуры.

Мегатермы – организмы с нижним порогом жизнедеятельности выше $+15^{\circ}$. Они типичны для зон степей и пустынь, пробуждаются к активной жизни в субсезон предлетья. К мегатермам относят также все растения субтропиков и тропиков. В тропиках обычны температуры воздуха от $+20$ до $+30^{\circ}$ и выше. Температура среды выше $+40^{\circ} + 50^{\circ}$ для большинства организмов вредна, при длительном воздействии – смертельны. Лишь немногие специализированные группы способны жить в знойных пустынях, в горячих источниках и при более высоких температурах. Эти растения имеют приспособления, предохраняющие их от перегрева во время испепеляющего зноя. К числу таких защитных приспособлений относятся: густое серебристо-белое опушение или блестящая поверхность листьев, отражающие большую часть солнечных лучей; вертикальное расположение узких, щетинистых листьев, вдоль которых скользят солнечные лучи; уменьшение поверхности листьев (мелколистность) – маленькая поверхность меньше нагревается. Крайним выражением этой тенденции является полная безлистность – сильное развитие покровных тканей, изолирующих внутренние системы от высоких температур окружающей среды. Теплокровные (гомойотермные) животные – млекопитающие и птицы, приспособленные к жизни в геосистемах с зимой, переносят морозы в активном состоянии или в спячке.

Нижние термические пороги не остаются в течение всего теплого сезона постоянными. В начале весны и в конце осени они минимальны, летом повышаются, а осенью вновь снижаются. Точными опытами установлено, что семена ячменя и пшеницы начинают наклевываться, если влаги достаточно, при температуре воздуха, близкой к 0° . В фазу первых листьев термический порог подымается до

+2°, в фазу выхода в трубку – до +6°, а в фазу колошения – до +8°.

Плоды и семена большинства микротермов требуют для созревания плодов и семян температуру не ниже +10°. Деревьям и кустарникам умеренных широт необходим месяц со среднесуточными температурами выше +10°, иначе их побеги к осени не окрепнут и они погибнут от первых морозов. Именно поэтому ландшафты Оркнейских и Шетландских островов безлесны, хотя период с температурами выше +5° на этих островах больше полугода, а микротермные травы развиваются на них превосходно.

В каждом отдельном году наблюдаются небольшие отклонения от средних многолетних соотношений между фенофазами и термическим режимом. При вторжении волн тепла, сопровождаемом быстрым подъемом температуры, весенние сезонные явления проходят при повышенных значениях температуры, и наоборот, при вторжениях холодного воздуха они проходят замедленно при пониженных температурах, а при их опускании ниже пороговых значений временно приостанавливаются. В разных климатических условиях отклонения термического режима от среднемноголетней нормы бывают то больше, то меньше. Об этом судят по значениям максимальных и минимальных температур воздуха. При географо-фенологических исследованиях необходимо учитывать не только среднесуточные, но и крайние температуры среды.

Весной соотношения между сезонной динамикой природы и термическим режимом настолько тесны, что в сельском, лесном озеленительном хозяйствах о ходе весны нередко судят по достижению определенных температурных рубежей. В первой половине весны эти соотношения сохраняются близкими на широких географических пространствах. В конце весны и особенно летом в низких широтах температура еще долго повышается, а в высоких –

быстро достигает апогея и затем начинает снижаться. Поэтому в низких широтах одни и те же сезонные явления летом наступают при более высоком уровне температуры, чем в высоких широтах. Например, липа мелколистная на юге Украины зацветает в среднем многолетнем при $+18+19^{\circ}$, а вблизи северного предела распространения – в Вологодской области, – при $+14+15^{\circ}$.

Первые осенние явления в низких широтах наступают также при более теплой погоде, чем в высоких широтах. Отлет стрижей, начало осеннего пожелтения листвы вязов, липы мелколистной, березы наблюдаются в центральных областях европейской территории России уже в середине августа при среднесуточных температурах около $+15+17^{\circ}$, которые никак не могут считаться неблагоприятными для местной флоры и фауны. Но природа начинает готовиться к зиме с известным запасом времени. В полную силу осенние процессы в центральных областях России протекают после снижения среднесуточных температур ниже $+10^{\circ}$. В середине сентября обычно проходят заморозки, прекращающие активную жизнь большинства мезотермов. Микротермы (большинство представителей флоры и фауны умеренного климатического пояса), переносят первые заморозки безболезненно. Хорошим фитоиндикатором заморозков является отмирание листьев и стеблей у таких видов, как хлопчатник, рис, картофель, у бахчевых культур – огурцов, томатов, кукурузы, подсолнечника, а также череды и горца. Заканчивается подготовка растений и животных к зимнему покою после перехода среднесуточных температур воздуха через $+5^{\circ}$.

Большинство сезонных процессов живой природы идет только при температурах среды выше их нижнего температурного предела. Фундаментальной фенологической закономерностью является то, что в умеренном климате сезонные процессы растений и холоднокровных

животных протекают тем быстрее, чем выше температура среды.

Параллелизм между сокращением межфазных периодов и повышением уровня температуры среды проявляется в диапазоне температур от биологического нуля до температурного оптимума. При дальнейшем повышении температуры ускорение биологических сезонных процессов тормозится. Для микротермных организмов температурный оптимум близок к значениям среднесуточных температур в $+15^{\circ}$. Для мезо- и мегатермов он выше. В средней и северной полосе России среднесуточные температуры воздуха выше $+15^{\circ}$ держатся короткое время. Поэтому в этих географических областях без большой погрешности можно считать, что любое повышение температуры воздуха ускоряет сезонное развитие организмов, а любое ее снижение замедляет его. Однако в континентальных областях в середине лета, а в южной полосе России в большей части теплого периода года сезонное развитие природы идет при температурном режиме выше биологического оптимума. В этих условиях развитие определяется эндогенными свойствами каждого данного вида (или сорта) растений или животных.

Говоря о том, что термический режим характеризуется среднесуточными температурами (значения которых публикуются в климатических справочниках), нельзя забывать о том, что они не учитывают амплитуду суточных колебаний. В условиях океанического климата она относительно невелика, в континентальном климате становится больше. Установлено, что при большей амплитуде суточных колебаний температуры сезонное развитие организмов идет, как правило, быстрее, чем при малой. Например, в работах Т. Н. Буториной и Е. А. Крутовской хорошо показано значение максимальных и минимальных температур воздуха в сезонном развитии природы Восточных Са-

ян.

Большое значение в фенологических исследованиях имеет учет закономерностей микроклимата. В климатических справочниках публикуются значения температуры воздуха в метеорологических будках, т. е. на высоте 2 м над поверхностью почвы и под защитой от прямой солнечной радиации. Природные же объекты располагаются на разной высоте от поверхности почвы, часто на самой поверхности, и, как правило, не защищены от солнца. Термический режим среды с удалением от поверхности почвы меняется, образуя ряд динамических слоев. Особенно высокие температуры в солнечную погоду наблюдаются в так называемых нижних слоях – на поверхности почвы или растительного покрова.

В Средней Азии днем в метеорологических будках наблюдается температура $+25+30^{\circ}$, в это же время на поверхности почвы она может достигать $+60+70^{\circ}$. Значительная часть растений и животных располагается именно в активном приземном слое, при особом термическом режиме, подчас резко отличном от режима в соседней метеобудке. Вот почему фенолого-термические соотношения низкорослых растений и саженцев деревьев важно изучать отдельно от сообществ высоких трав, кустарников и деревьев. Чем темнее поверхность почвы или грунта, тем сильнее она нагревается лучами солнца. Даже небольшие темные предметы могут стать источниками локального разогревания. Именно так можно объяснить появление в конце зимы воронок протаивания вокруг темных стволов деревьев, активное ползание темноокрашенных мух и других насекомых по освещенной Солнцем поверхности при отрицательных значениях температуры воздуха. На Севере в конце зимы при достаточно высоком стоянии Солнца наблюдается «красный снег». Это сезонное явление вызывается массовым размножением в поверхностном слое сне-

га микроскопического жгутиконосца сфереллы, в клетках которой образуется красный пигмент, служащий экраном поглощения солнечных лучей. Образованная таким образом теплота достаточна для обеспечения нормальной жизнедеятельности сфереллы в снегу. В высокогорных областях слишком много опасных для жизни ультрафиолетовых лучей. Красный пигмент жгутиконосцев представляет собой своеобразный светофильтр, поглощающий ультрафиолетовые лучи. Наряду со сфереллами снег окрашивают и другие жгутиконосцы, например, кроваво-красные эвлены.

Животные способны в известной степени регулировать свой термический режим, скрываясь в жару в тень или закапываясь в почву, а в прохладную погоду выползая на припек. Количественные соотношения между скоростью протекания сезонных процессов в природных комплексах и термическим режимом устанавливаются путем проведения специальных исследований, как правило, методом параллельных наблюдений. Помимо этого большое практическое значение имеет установление корреляционных связей между сезонными процессами в ландшафтах и термическим режимом воздуха или почвы по наблюдениям ближайшей или специально установленной метеорологической станции. Следует помнить, что установленные корреляционные связи между длительностью сезонных процессов в ландшафтах и термическим режимом по наблюдениям в метеобудках представляют собой статистические соотношения, оправдывающиеся в той географической обстановке, в которой они установлены. В годы с аномальным ходом погоды или в существенно иной географической обстановке корреляционные связи могут быть существенно иными. В каждом географическом регионе статистические соотношения между длительностью сезонных процессов природы и термическим режимом по пока-

заниям местных метеостанций должны определяться заново.

Не менее важным фактором сезонной динамики природы является *режим влажности*, т. е. облачность, влажность воздуха, сезонный ход осадков, влажность почвы. В жидком состоянии вода является основным фактором механической и химической эрозии. Важнейшее хозяйственное значение имеет годовой ход водности рек. Зимой в виде снежного покрова вода резко меняет тепловой режим геосистемы (альбедо). В покоящемся состоянии снег защищает землю от эрозии, во время же вьюги, наоборот, становится ее фактором. Осеннее замерзание воды в трещинах горных пород способствует их разрушению. Но прежде всего вода является фактором жизни. В теплое время года она обеспечивает процесс фотосинтеза зеленых растений, процессы роста, развития и размножения всех организмов. Зимой снег защищает от морозов и высыхания все находящиеся под ним растения и мелких животных. Осенний листопад и формирование укрытых специальными покровами почек являются приспособлениями возвышающихся над снегом деревьев и кустарников от высыхания зимой.

Роль режима влажности в разных географических зонах существенно различается. Таежная, лесотундровая и тундровая зоны расположены в областях достаточного, местами избыточного увлажнения. Но и в них распределение влаги по сезонам неравномерно. Осень и зима обычно являются периодами ее накопления. Весна вполне, подчас с избытком обеспечена влагой. Летом ее баланс становится отрицательным. Но в силу общей обеспеченности природы влагой дело до губительных засух доходит редко и особые аспекты летнего замиранья ландшафта отсутствуют.

В гумидных зонах влажность как фактор сезонной

динамики природы обычно имеет локальное значение. Ее влияние сказывается на отдельных урочищах геосистемы. На разных уровнях речных пойм сроки вегетации определяются сроками спада воды. Таковую же задерживающую роль играют талые воды, скопившиеся в понижениях рельефа. Там, где переувлажненность сохраняется в течение всего года, появляются особые болотные урочища, сезонная динамика которых заметно отличается от основной зональной растительности. Даже в гумидных зонах режим влажности имеет существенное значение для низших организмов, не защищенных от высыхания специальными покровами: грибов, мхов, наземных водорослей и бактерий.

Важнейшие фенологические наблюдения, характеризующие режим влажности – это наблюдения над сроками установления и разрушения снежного покрова, начала и конца ледостава на водоемах, сроки половодья, весенних и осенних паводков. Для сельского хозяйства большое значение имеют наблюдения над сроками весеннего просыхания почвы до мягкопластичного состояния, с которыми связаны большинство весенних работ по обработке земли. Кроме того, данные ирригации показали, что, меняя режимы орошения в гумидных областях умеренного климатического пояса, можно смещать сроки созревания хлебных злаков на 10 и более суток.

В степной зоне сезонные контрасты режима влажности выражены более отчетливо. Большую часть теплого периода года растительность и животный мир пребывают в активном состоянии. Лишь во второй половине лета почва настолько высыхает, что наблюдается выгорание степного мягкотравья, создающее своеобразный знойно-засушливый аспект. Для древесной и мезофитной кустарниковой растительности эта систематическая засуха становится губельной. В степной зоне леса сохраняются лишь в поймах рек.

Начиная со степной зоны и далее на юг роль зональных ландшафтных фонологических индикаторов переходит к повсеместно распространенным травянистым эфемероидам, таким как сон-трава, пролеска сибирская, анемона лютичная и др.

В пустынных областях умеренного пояса, в субтропиках и тропиках режим влажности становится важнейшим фактором сезонной динамики природы. На большей части этой территории дождливые сезоны, т.е. время буйного развития мира растений и животных, сменяются сухими сезонами – периодом замирания органической жизни. В Северной Африке, Передней и Средней Азии большое значение имеет наступление летом знойно-засушливого сезона. В юго-восточной Азии и в ряде стран тропической Америки начало и конец дождливой погоды столь же важны, как в умеренных широтах начало и конец зимы. В аридных зонах наблюдения над выгоранием мягкотравной растительности при наступлении знойно-засушливого сезона заслуживают большого внимания, как и в умеренных широтах определение сроков установления и схода снежного покрова.

Своеобразна сезонная динамика природы в долинах рек Амазонки и Конго, на некоторых островах Индонезии. В этих областях органический мир круглый год обеспечен теплом и влагой. Большинство процессов жизнедеятельности растений и животных, несмотря на монотонность экзогенных факторов, протекает ритмично, а сроки их проявления, как правило, определяются уже эндогенными факторами. Однако и во влажных тропиках известны случаи сезонно фиксированной ритмики жизни, подчас представляющие большой хозяйственный интерес.

Различия в сезонной динамике природы в зависимости от долготы вызвано взаимодействием системы «океан-суша». Особенно рельефно проявляется влияние Атланти-

ческого океана на значительную часть Евразии. Так, например, длительность переходных сезонов на побережье больше, чем в бассейне реки Волги, а длительность лета и зимы меньше.

На динамику сезонных процессов оказывает влияние *ветровой режим*. Как выражение общей циркуляции атмосферы он имеет более общий характер. Ветры приносят извне на определенную территорию холодные или, наоборот, теплые массы воздуха. Тем самым они становятся экзогенными факторами замедления или ускорения сезонной динамики ландшафта. Все более или менее крупные и длительные аномалии в сроках наступления сезонных явлений местной природы вызываются разными вариациями циркуляции атмосферы. Вот почему прогноз таких аномалий возможен лишь на основе прогноза общей циркуляции атмосферы.

Изменения силы и направления ветра и разные времена года определяют сезонную динамику ветровой эрозии. Известен ряд специфических местных ветровых режимов, оказывающих влияние на сезонную динамику отдельных ландшафтов. Примерами таких местных ветров являются фёны – теплые горные ветры, образующиеся на Кавказе и в горах Средней Азии. Сухой воздух устремляется в долину, и в результате адиабатического нагревания при опускании его температура повышается на один градус на каждые 100 м спуска. Чем больше высота, с которой спускается фён, тем выше поднимается температура принесённого им воздуха. Скорость фёна может достигать 20-25 м/с. Весной он вызывает бурное таяние снегов, благоприятные условия для раннего развития растительности; летом его иссушающее дыхание губительно для растений. Иногда в Закавказье летний фён приводит к тому, что листва на деревьях высыхает и опадает. Холодные ветры, наоборот, задерживают развитие растительности. Так,

например, бора – сильный порывистый холодный ветер, дующий с невысоких гор на побережье морей или крупных озёр. Он образуется, если невысокие горные хребты отделяют холодный воздух над сушей от тёплого воздуха над водой. Над тёплой водной поверхностью контраст температур и давления между потоком холодного воздуха и морем значительно увеличивается, и скорость ветра возрастает. Общеизвестна новороссийская бора, шквалистый ветер приносящий сильное похолодание, которое продолжается от нескольких суток до недели.

На берегах океанов и морей наблюдаются бризы. Летом, в дневные часы, они несут прохладный морской воздух. Охлаждающее влияние морских бризов ощущается от берега на глубину до 30-40 км. Заметно влияние ветрового режима и на тополическом уровне. Ветер, перемешивая воздух, мешает установлению особых термических режимов в разных динамических слоях приземного воздуха. В защищенных от ветра условиях этот слой воздуха на Солнце прогревается заметно сильнее, чем на открытой местности. Это одна из причин, почему в закрытых со всех сторон городских парках и садах растительность развивается быстрее, чем на открытых пространствах.

Велико влияние на сезонную динамику ландшафтов *океанических течений* (п.п. 5.3.), а также *почвенных* факторов (механический состав, степень засоленности и кислотности почв). Могут влиять на сезонное развитие природы циклы солнечной активности, лунных фаз и т.п. Влияние этих факторов относительно невелико или еще слабо изучено.

Важно подчеркнуть, что в природных условиях на сезонную динамику геокомплексов действует не каждый из рассмотренных факторов в отдельности, а их совокупность в единой природной системе. В разных регионах и в разные сезоны роль каждого фактора не остается постоян-

ной. Существенно и то, как один фактор влияет на действие другого. Установлено, что на севере длинный летний световой день в известной степени компенсирует недостаток тепла. Черемуха, например, в Мурманской области зацветает после меньшего числа теплых дней, чем в средних широтах. На севере Калифорнии апельсины созревают на 2 недели раньше, чем на 600 км южнее. Этот факт местные специалисты приписывают удлинению к северу летних световых дней.

5.2. Эндогенные программы сезонного развития живых организмов

Несмотря на существенное значение экзогенных факторов в сезонной динамике растений и животных, не меньшую роль играют факторы внутренние, определяемые наследственно закрепленными эндогенными свойствами самого организма. Каждому виду организмов, а подчас и сорту внутри вида, свойственна особая программа наступления и чередования сезонных фаз. Среди растений есть виды, зацветающие до распускания листьев. Это, например, ольха, орешник-лещина, осина, вяз, ива козья, волчье лыко, мать-и-мачеха. Растения с таким чередованием генеративных и вегетативных фаз В. В. Алехин (1925) назвал **проантами**. Береза, дуб, клен, крыжовник, бузина черная, зацветают одновременно с распусканьем листьев – **мезанты**. Шиповник, липа, боярышник обыкновенный, калина, жимолость, сирень зацветают после распускания листьев – **метанты**. Этот порядок остается постоянным при всех возможных на Земле режимах погоды. Грачи весной прилетают лишь как только появятся первые проталины, вьюрковые – после схода снега, а ласточки и стрижи – с облиствением лесов. Этот порядок не нарушается в пределах целых природных зон. Каждому виду, расе или сорту организмов свойственна своя, наследственно за-

крепленная программа сезонной динамики, длительно сохраняющаяся стабильной от одного поколения к другому.

Биологами разрабатывается учение о различных типах организмов по характеру их врожденной сезонной ритмики (учение о феноритмотипах). И. В. Борисова (1972) предлагает следующую классификацию феноритмотипов растений (приводится в сокращении).

1. Активная вегетация продолжается круглый год или, при наличии зимнего перерыва, всю теплую часть года: длительно вегетирующие вечнозеленые деревья и кустарники – сосна, ель, можжевельник; длительно вегетирующие травы – злак типчак, некоторые виды полыней, глухая крапива и т. д.

2. Активная вегетация охватывает 2-3 сезона, наиболее благоприятных для жизни: коротковегетирующие листопадные деревья и кустарники – лиственница, дуб, береза, черемуха и т. д., большинство многолетних коротковегетирующих трав.

3. Активная вегетация длится один полный или неполный сезон: эфемерные растения - подснежники, ветреницы, чистяки, пустынные осочки и т. д. Реже встречаются летние и осенние эфемеры.

Внезапные изменения погоды могут ускорить или замедлить наступление фенофаз, но нарушить эндогенно заложенную программу сезонной динамики данного вида они не могут. Стабильностью эндогенных программ сезонных изменений каждого отдельного компонента биоты обеспечивается и стабильность сезонной динамики всего природного комплекса в целом. Кроме эндогенно наследственно фиксированных программ многим организмам свойственны особые, также эндогенные и наследственно фиксированные, но определяемые ходом экзогенных факторов приспособления. Общая задача этих приспособлений – обеспечение необходимой согласованности сезонного

развития организмов с сезонной динамикой геосистемы, в которой они обитают, своевременная подготовка к переживанию неблагоприятных и активному использованию благоприятных сезонов. К таким приспособлениям относятся: *биологический покой, инстинкты сезонных миграций, явления фотопериодизма, яровизации* и т. д.

Большинство видов многолетних растений умеренного и холодного климата выработали наследственно закрепленную способность осенью заблаговременно, еще до сильных похолоданий, переходить в состояние покоя, не прекращаемое их механическим переносом в тепло. Такая форма осенне-зимнего покоя называется *биологическим (органическим) покоем*. В этом состоянии в зиму вступают северные виды хвощей, папоротников, большинство микротермных и гекистотермных видов многолетних цветковых (в т.ч. плодовые, ягодные, орехоплодные растения), озимые злаки. Особенно ярко этот переход выражен у листопадных деревьев и кустарников. У них он принимает форму осеннего отмирания листвы, сопровождаемого расцветиванием в яркие, чаще всего желтые или пурпурные цвета. Осеннее пожелтение листвы – одно из ярких осенних сезонных явлений умеренного и субарктического климатических поясов. Основные причины - сокращение длины светового дня и продолжающееся снижение влажности почвы. По мере того как в листовой ткани разрушается ярко-зеленый пигмент хлорофилл, снаружи листа все заметнее проявляются желтые и оранжевые красящие вещества. Значительное влияние на раскраску оказывает место обитания растения, тип почвы, характер осени. В теплую осень раскрашивание проходит равномерно, а в мокрую и холодную – листва вначале желтеет, и дальнейшая раскраска замедляется. Это хорошо видно по расцветиванию деревьев на солнечных и затененных склонах холмов и оврагов, на опушках и в глубине леса. Расцвети-

вание заканчивается листопадом, у лиственниц – хвоепадом. Окрашивание листьев и листопад широко используются в фенологии для обозначения перехода от одного субсезона к другому.

Органический покой свойствен и многим вечно- и зимнезеленым растениям, например соснам, елям, пихтам и т. д. У этих видов переход в осенне-зимний органический покой не сопровождается столь ярким сезонным явлением, как у листопадных деревьев и кустарников. Состояние органического покоя продолжается у разных видов равное время: от нескольких недель до нескольких месяцев. Обычно органический покой у растений кончается еще во второй половине зимы, до наступления весеннего потепления. Таким образом, остаток зимы многолетние растения переживают уже в состоянии вынужденного покоя. При устойчивом весеннем потеплении они тотчас же трогаются в рост.

В переходной к субтропикам полосе случается, что весеннее потепление наступает раньше, чем у растений северного происхождения заканчивается период органического покоя. Так нередко бывает в Калифорнии с северными плодовыми деревьями - яблоней, абрикосом, вишней и т.д. Возобновление активной вегетации таких растений на границе с субтропиками начинается значительно позже, чем устанавливается весеннее тепло. Начало вегетации в таких случаях определяется сроком окончания органического покоя. Этот срок получил название стартовой точки. *Например, в России орешник-лещина и мать-и-мачеха в средней полосе трогаются в рост и зацветают почти одновременно сразу вслед за сходом снега. В Аджарии, где зима короткая и теплая, орешник начинает цвести (пылить) в декабре-январе, а мать-и-мачеха распускает свои соцветия только в феврале. У орешника-лещины период органического покоя короткий: к середине декабря он заканчивается. У мать-и-мачехи органический покой длиннее.*

Севернее, в областях с более продолжительной зимой, стартовые точки орешника-лещины и мать-и-мачехи также наступают в разные сроки, но к моменту поздно наступающего потепления у обоих видов органический покой заканчивается. По той же причине в южных ботанических садах черемуха, растение с длинным периодом органического покоя, зацветает позже сирени – растения с более коротким периодом органического покоя. На Восточно-Европейской равнине наблюдаются обратные соотношения. Различиями в сроках наступления стартовых точек у разных видов объясняется большинство случаев географических **фенологических инверсий (интерцепций)**. Этим термином обозначаются случаи изменения порядка облиствения, зацветания и иных фенологических сезонных фаз растений в разных географических областях.

Биологическое значение органического покоя состоит в том, что в странах с неустойчивой зимой он не дает растениям при случайных зимних оттепелях преждевременно начать активную вегетацию. Последующими похолоданиями такие растения были бы обморожены или побиты. Сибирские пихты в состоянии зимнего покоя легко переносят на своей родине жестокие морозы. Но в Сибири зима устойчивая, потому органический зимний покой сибирских пихт короткий. В странах Западной Европы сибирские пихты нередко не выносят гораздо более мягких местных зим. Они трогаются в рост во время зимних оттепелей, а затем в состоянии активной вегетации побиваются последующими, даже слабыми морозами.

В аридных зонах многие виды растений в самое засушливое и знойное время впадают в состояние **летнего покоя или полупокоя**. Под летним покоем у травянистых растений понимают полное отмирание надземных органов и сохранение покоящейся жизни в почках возобновления на подземных органах: луковицах, клубнях, корневищах. В таком состоянии период засухи переживают так называемые

мые эфемероиды и полуэфемероиды – многие виды степных и пустынных луков, тюльпанов, астрагалов, маков, зонтичных и т. д. В состоянии полупокоя растения частично сохраняют надземные органы, побеги с частью листьев, но никаких активных процессов роста и репродукции у них не происходит. Так наиболее сухое и жаркое время лета переживает большинство видов полыней и солянок. Многие смены сезонных аспектов в степях и пустынях связаны с переходом местной растительности к летнему покою и полупокою, а затем – ее возвращением в активное состояние.

Пойкилотермные животные – рептилии, амфибии, беспозвоночные с дву- или многолетним циклом жизни – переживают зиму в убежищах в состоянии *диапаузы*, аналогичном состоянию органического покоя у растений. У них резко снижена жизнедеятельность, но повышена зимостойкость. У некоторых степных и пустынных животных наблюдаются летние диапаузы. Например, степные черепахи на лето зарываются в землю и впадают там в длительную спячку. Диапауза для беспозвоночных, особенно для видов с несколькими поколениями за сезон, например для тлей, является существенным приспособлением, обеспечивающим согласованность сезонного развития этих видов с сезонной динамикой геосистемы. Млекопитающие животные способны регулировать температуру своего тела. Но и среди них имеются виды, впадающие зимой, в период острой бескормицы, в спячку. Общеизвестна зимняя спячка бурых медведей, барсуков, бобров, сурков, хомяков, ежей, лягушек и многих видов летучих мышей.

Другим приспособлением животных к сезонной ритмике ландшафта являются *миграционные инстинкты*, наследственно закрепленные внутренние импульсы, заставляющие животных перед неблагоприятным временем

года откочевывать в области с благоприятным пищевым режимом. Миграционные инстинкты особенно сильно развиты у перелетных птиц. К перелетным относится большинство птиц нашей страны: дрозды, утки, гуси, зяблики, полевые жаворонки, кулики, цапли, пеночки, славки и многие другие. У некоторых из них области зимовки и летнего гнездования соприкасаются. Ряд видов зимует по берегам Черного и Каспийского морей, в Казахстане и в Средней Азии. Большинство же перелетных видов отлетает от мест гнездования далеко. Так, например, наши бекасы и аисты зимуют на берегах Нила. Соловьи, пеночки, малиновки улетают в Среднюю Африку. Ласточки и кукушки зимуют в Африке близ экватора и еще южнее. Некоторые дальневосточные виды птиц улетают на зиму в Австралию и Новую Зеландию.

Сезонные перелеты птиц проходят настолько регулярно, что даты прилета и отлета ряда «фоновых» видов птиц приняты в качестве индикаторов границ естественных сезонов и их градаций. Таковы сроки прилета пуночек, грачей, скворцов, ласточек, кукушек, коростелей; даты отлета стрижей, осеннего пролета первых стай журавлей и гусей.

Физиологические механизмы, регулирующие сроки сезонных миграций перелетных птиц, связаны с сезонно фиксированными эндогенными импульсами («биологическими часами»). Это подтверждает такой факт, как самостоятельный перелет к родовым местам зимовок молодых кукушек, выкормленных птицами других видов. Со своими старыми сородичами, совершавшими перелеты, они не встречаются, но, тем не менее, безошибочно следуют к местам зимовок своего рода. По-видимому, в определении сроков действия инстинкта принимают участие также фотопериодические реакции. Сезонные миграции свойственны не только птицам, но и другим классам животных.

Например, северные олени осенью регулярно мигрируют к югу, в более обеспеченные кормами районы, а весной возвращаются в высокие широты. Сезонные перемещения наблюдаются у многих видов рыб, что имеет большое значение для рыбного промысла. Миграции некоторых видов насекомых, особенно саранчовых, имеют серьезное хозяйственное значение в тропиках и субтропиках.

Третьей группой приспособлений организмов, обеспечивающих согласованность их сезонного развития с сезонной динамикой обитаемых ими ландшафтов, служат явления *фотопериодизма*, открытые американскими учеными В.В. Гарнером и Г.А. Аллардом в начале 20-х годов 20 века. Под фотопериодизмом понимают авторегуляцию развития организмов с использованием в качестве пусковых сигналов определенных соотношений длины светового дня и темной ночи.

Определенные соотношения дня и ночи в каждой широтной полосе однозначно приурочены к определенным календарным периодам годичного цикла природы, играя роль «астрономического календаря». Явления фотопериодизма встречаются у представителей любых типов и классов животных и растений и служат для регуляции времени наступления самых разнообразных сезонных процессов жизнедеятельности. Особенности фотопериодических реакций определяются наследственностью и поддаются селекции. Их физиологические и биохимические основы осуществляются путём сложной цепи нервнорефлекторных и гормональных реакций.

Наиболее обстоятельно изучено влияние фотопериодов на сроки начала цветения высших растений. Различают растения длинного дня, способные зацвести лишь после известного периода развития на длинном дне. Нижний порог длины дня различен для разных видов и сортов растений. Чаще всего он близок к 14-15 ч. К длиннодневным

растениям относятся почти все сорта северных хлебных злаков - ржи, пшеницы, ячменя, овса; горох, лен, горчица, подорожник, виды клевера, люпина; ряд деревьев и кустарников – смородина, северные виды ив, шиповник и т. д. В условиях умеренного и субарктического климата длина дня с середины весны и до конца лета держится в пределах 16 ч, что обеспечивает в эти сезоны беспрепятственный переход к цветению всех растений длинного дня. Сроки зацветания этой группы растений в природных условиях определяются в первую очередь термическим режимом.

Короткодневные растения способны переходить к цветению только после известного периода развития на коротком дне. Верхний порог длины дня для растений этой группы обычно близок к 14-15 ч. Еще быстрее они зацветают после выдержки на 10-12-часовом дне. Такая длина дня в природных условиях наблюдается в умеренных широтах в конце лета и начале осени. Действительно, все растения короткого дня в средних широтах зацветают поздно. К растениям короткого дня относятся просо, сорго, кукуруза, капуста, конопля, хризантемы, георгины, а также обитатели тропического и субтропического поясов – рис, соя, табак, хинное дерево, тунг, цитрусовые. В конце лета и в начале осени в природных условиях лимитирующим цветение фактором является именно порог сигнального фотопериода, а не уровень температуры. Поэтому растения короткого дня в одной и той же географической точке из года в год зацветают в очень близкие сроки, независимо от того, была ли весна ранней или поздней, было ли лето жарким или прохладным. Даты начала цветения подобных короткодневных растений могут служить (с точностью до 2-3 дней) «цветочными календарями». Чувствительность фотопериодически активных растений к пороговым значениям фотопериодов очень велика. Сдвиг в длине дня на

полчаса нередко вызывает заметное изменение в сроках зацветания. Хотя продолжительность дня в тропических странах колеблется незначительно (на острове Ява максимальная разница составляет всего лишь 48 минут), тем не менее многие обитатели этих мест очень чувствительны даже к малейшему ее изменению. Экспериментальным путем установлено, что увеличение или сокращение периода дневного освещения всего на 1 минуту соответственно ускоряет или тормозит зацветание яванского риса более чем на сутки. В тропической Индии летом и зимой сеют разные сорта риса, так как зимние сорта летом неспособны зацвести из-за слишком длинного для них летнего дня.

Приспособительное значение фотопериодических реакций подтверждается следующим фактом. Короткодневные реакции фазы бутонизации, наступающей в природных условиях при менее коротком дне, имеют более высокий порог, чем фаза зацветания, наступающая позже при более коротком дне. Например, некоторые сорта китайских астр способны закладывать бутоны на 15-часовом дне, а зацветают они при длине дня не выше 14 часов. Аналогично ведут себя и некоторые другие растения. Растения длинного дня произрастают преимущественно в северных широтах, растения короткого дня — в южных.

Есть виды, способные зацвести при очень узком диапазоне фотопериодов. Так, американский каучуконос гваюла зацветает лишь при длине светового дня от 14 до 16 часов. При более коротких и более длинных фотопериодах цветение у растения не наступает. Для белены при 22,5 °С критическая длина дня, обеспечивающая цветение, составляет 10 ч 20 мин, но уже при 10-часовом фотопериоде при этой же температуре растение цвести не будет. У сорняка дурнишника пенсильванского необходимая длина дня лежит между 15ч и 15 ч 30 мин. Такие *узкоспе-*

циализированные виды иногда называют «**промежуточными**».

Фотопериодические реакции, регулирующие сроки зацветания, не являются обязательным свойством всех растений. Существуют виды, зацветающие в одни и те же сроки на длинном и на коротком дне. Таковы, например, виноград, одуванчики сорта гречихи, ряд сортов фасоли, томаты, амаранты, флоксы, подсолнечник, малина, сирень, липа, спирея иволистная. Это виды **нейтральные** к длине дня. Наличие нейтральных растений указывает на то, что среди представителей растительного мира есть переходные формы. В большинстве семейств, например сложноцветных, злаковых, бобовых и пасленовых, разные виды принадлежат к различным фотопериодическим группам, но в некоторых семействах все виды только длиннодневные и нейтральные (крестоцветные, гвоздичные, лютиковые) либо только короткодневные и нейтральные (молочайные, амарантовые). Фотопериодически нейтральные виды, являясь в сезонном развитии независимыми от различий светового режима, являются удобными индикаторами термического режима.

У ряда видов растений при изменении длины фотопериодов можно регулировать не только сроки перехода к цветению, но и созревание плодов. Например, некоторые сорта гречихи созревают на коротком дне на 3-4 недели скорее, чем на длинном. Короткие фотопериоды ускоряют также созревание бобов сои и фасоли. Южное волокнистое растение рами образует плоды только на коротком дне.

Столь же отчетливо, как на сроки зацветания, разной длины фотопериоды воздействуют на ростовые процессы. У большинства видов длинный, а тем более непрерывный день усиливает рост, независимо от того, какой световой день вызывает быстрое зацветание. Лиственницы, сосны,

северные виды ив и тополей, березы, смородины, жимолости и многие другие, а также многие травы достигают на длинном дне значительно большие приросты, чем на коротком. При искусственном круглосуточном освещении или продолжительности дня более 15 ч сеянцы березы растут непрерывно, не сбрасывая листьев. Но при освещении в течение 10 или 12 ч в сутки рост сеянцев даже летом прекращается, вскоре происходит сбрасывание листьев и наступает зимний покой, как под влиянием короткого осеннего дня. Многие наши листопадные древесные породы: ива, белая акация, дуб, граб, бук - при длинном дне становятся вечнозелеными. Но ряд южных деревьев и кустарников дает большие приросты на коротком дне. Это бородавчатый бересклет, цитрусовые, некоторые виды эвкалиптов. Наконец, имеются виды, ростовые процессы которых в широком диапазоне не реагируют на изменения длины дня, оставаясь к ним нейтральными: пихта сибирская, виды рябины, спиреи, боярышника, сирени, ясеня. Чем раньше летом или в начале осени заканчивается рост, тем раньше побеги многолетников вызревают и вступают в осенне-зимний покой, повышая тем самым свою зимостойкость, а у листопадных деревьев и кустарников проходит осеннее расцветивание листьев и листопад. Таким образом, разной длины фотопериоды, воздействуя на рост побегов, регулируют сроки осеннего пожелтения и опадения листьев.

Поскольку осенью сокращение фотопериодов происходит из года в год строго в одни и те же календарные сроки, фенодаты расцветивания листьев и листопада колеблются слабо. Например, стандартные отклонения ежегодных сроков пожелтения и листопада равны 2-4 суткам, а сроков наступления других сезонных явлений растительного мира, зависящих в первую очередь от термического режима – 6-8 суткам. В приведенных примерах фотопериодизм выступает как важный фактор своевременной под-

готовки озимых и многолетних растений к переживанию сурового зимнего сезона.

В аридных странах с летней засухой фотопериодизм может оказаться полезным для повышения засухоустойчивости растений перед наступлением засухи. Так, в Калифорнии некоторые виды местных мятликов своевременно переходят в летний покой под влиянием длинного дня. Аналогичные факты установлены В. В. Скрипчинским (1975) у некоторых видов злаков из аридных областей России.

В тропиках исключительно тонкие фотопериодические реакции растений также призваны обеспечивать наиболее выгодное использование погодных условий «летнего» и «зимнего» сезонов. У некоторых тропических деревьев они таковы, что обеспечивают синхронность цветения с периодом активного лёта опыляющих их видов насекомых.

Фотопериодические реакции известны во всех типах мира животных. Наиболее обстоятельно они изучены у насекомых и клещей. У насекомых, как и у растений, различают виды длиннодневные, короткодневные, узкоспециализированные и нейтральные к длине дня. Длиннодневные виды характеризуются тем, что у них нормальный переход из одной сезонной фазы в другую может протекать на длинном дне. При наступлении короткого дня эти виды впадают в диапаузу. Так, при содержании гусениц бабочки-капустницы в условиях длинного дня (более 15 ч) из куколок вскоре выходят бабочки и без перерыва развивается последовательный ряд поколений. Но если гусениц содержать при дне короче 14 ч, то даже весной и летом получают зимующие куколки, которые не развиваются в течение нескольких месяцев, несмотря на достаточно высокую температуру. Подобный тип реакции объясняет, почему в природе летом, пока день длинный, у насекомых

может развиваться несколько поколений, а осенью развитие всегда останавливается на зимующей стадии. К длиннодневным видам относятся также колорадский жук, белянка, щавелевая совка.

У короткодневных видов активная жизнедеятельность протекает лишь на коротком дне. Диapaуза у них наступает при длинном дне. Это китайский дубовый шелкопряд, сосновый шелкопряд, цикадка, некоторые совки. Известны насекомые, нейтральные к длине дня: домовая муха, бабочка сиреневый бражник, боярышница и др. Среди насекомых, как и среди растений, имеются фотопериодически узкоспециализированные виды. Например, один из видов африканской саранчи реагирует на укорочение дня, хотя сезонные изменения длины светового дня на ее родине немногим превышают один час. У распространенных меридионально насекомых имеются географические расы с разной отзывчивостью на длину дня. Например, у абхазской популяции (43° с. ш.) бабочки щавелевой стрелчатки диapaуза вызывается снижением длины дня ниже 14 ч 30 мин, у белгородской (50° с. ш.) - 16 ч 30 мин, у витебской (55° с. ш.) - 18 ч., у ленинградской (60° с. ш.) - 19 ч.

Помимо перехода в диapaузу фотопериоды могут регулировать у насекомых и другие сезонные процессы. У ряда видов тлей укороченная длина дня влечет за собой смену партеногенетических поколений половыми, влияет на плодовитость самок. Своеобразно реагирует на разную длину дня бабочка весенняя пестрокрыльница. В начале лета, на длинном дне, вылетает поколение, снабженное красно-рыжими крыльями с черными пятнами, а в конце лета, на коротком дне – черными крыльями с белыми пятнами. Различия между этими двумя формами так велики, что долгое время они считались самостоятельными видами.

Еще несколько столетий назад в Китае и Японии знали, что период пения птиц можно продолжить, применяя дополнительное освещение. В настоящее время установлено, что у очень многих видов – у домашних кур, уток, гусей, перепелов, скворцов, горлиц, белых куропаток – длинный световой день вызывает развитие половых желез. На коротком дне железы длительное время остаются в состоянии покоя. Однако, ряд тропических видов птиц – обитателей южного полушария – фотопериодически нейтральные. Влияние фотопериодов на сроки яйцекладки птиц сочетается с влиянием температуры. В природе при теплой весне кладка начинается раньше, чем в холодные весны. Однако погодичная изменчивость сроков яйцекладки обычно меньше, чем сроков зацветания весенних растений. Развитие половых желез у птиц сопровождается развитием вторичных половых признаков (сменой оперения у птиц, линькой у млекопитающих, изменением окраски) и изменением их поведения, например пением, проявлением гнездовых инстинктов, насиживанием яиц. Известно, что наиболее благоприятное время для появления потомства у животных – это время года, когда вокруг достаточное количество корма. Так, яичники и семенники голубя вяхиря начинают созревать, когда продолжительность дня превышает 12 ч, т. е. способности размножаться он, таким образом, достигает к маю. Сизому же голубю для созревания половых желез требуется 9-часовой световой день, поэтому эта птица готова к спариванию 2-3 раза в год. Различие в сроках размножения объясняется тем, что вяхирь питается главным образом зерном поздно созревающих злаков, а сизый голубь – имеющимися повсюду в изобилии семенами сорняков. В то же время городской голубь обильную пищу находит в уличных отбросах практически в любую пору года, поэтому у него нет предпочтительного времени размножения.

Подобная фотопериодическая регуляция времени появления на свет нового потомства характерна и для большей части млекопитающих. Преимущество имеют те, у которых беременность продолжается длительное время, а потомство рождается от весеннего спаривания задолго до наступления осенних холодов. Например, у коз и овец плод развивается 5-6 месяцев, а у оленей и косуль – около 9 месяцев и спаривание происходит в конце лета или осенью. Увеличение размеров половых желез и их полное созревание у них начинаются с наступлением коротких дней. Так, спаривание у косуль происходит в июле-августе, но оплодотворенная яйцеклетка не внедряется в слизистую оболочку матки и не развивается. То и другое совершается лишь во второй половине декабря, и потомство появляется на свет в мае, когда вокруг изобилие свежих зеленых растений. Замедленное внедрение оплодотворенной яйцеклетки наблюдается также у тюленей, медведей, барсука и некоторых сумчатых.

Установлено, что если самки хорьков зимой содержатся при искусственно удлиненном световом дне, то за несколько месяцев до нормального срока они приходят в состояние половой активности. В настоящее время фотопериодическое воздействие на половую функцию доказано у многих пушных зверей. К длиннодневным видам относятся и некоторые грызуны, а также ежи. Среди млекопитающих представлена и короткодневная группа животных: сибирский марал, горный козел, архар и многие породы домашних овец и коз. Суслик является фотопериодически нейтральным животным. На его половую активность различия в световом дне не оказывают влияния. Причину этого легко объяснить условиями жизни. Суслик значительную часть жизни проводит в глубоких темных подземных норах в состоянии летней и сразу за ней следующей

зимней спячки. Во время спячки у них и происходит развитие половых желез.

Помимо половой функции изменение длины фотопериодов и на ряд других сезонных процессов жизнедеятельности млекопитающих. Установлена, например, зависимость линьки многих млекопитающих от длительности дня: у норок, хорьков, лисиц содержание их летом на коротком световом дне значительно ускоряет созревание зимнего меха. У домашнего скота в условиях короткого светового дня быстрее накапливаются жировые резервы, у овец ускоряется рост шерсти.

Имеются веские основания полагать, что изменения длительности светового дня играют существенную роль в подготовке организма птиц к весенним и осенним перелетам.

Фотопериодические импульсы широко используются в качестве пусковых сигналов сезонно фиксированных процессов и явлений во всех разделах мира растений и животных. Эти сигналы используются для регуляции сроков наступления самых разнообразных сезонных явлений как отдельных индивидов, так и популяций и целом.

Другой группой сигнальных систем, регулирующих сезонные организмов, служат явления **яровизации**. Под яровизацией понимают использование термических импульсов для регулирования сезонных процессов растений и животных. Более всего изучено влияние пониженных температур, обычно около $+5^{\circ}$, на переход молодых проростков в состояние готовности к цветению. Установлено, что северные хлебные злаки (пшеница, ячмень, овес и др.), а также и ряд других растений-микротермов, требуют после прорастания семян определенной выдержки при низких положительных температурах. Лишь после этого они приобретают способность к об-

разованию цветков и плодов. На этом основан прием яровизации семян и клубней картофеля, широко используемый в сельском хозяйстве и декоративном садоводстве.

Результаты опытов, проведенных в ВНИИ генетики и селекции плодовых растений (ЦГЛ г. Мичуринск) показали, что растения груши, не подвергнувшиеся воздействию пониженных температур осенне-зимнего периода, в течение длительного времени не могли приступить к вегетации. Растения, получившие недостаточное количество пониженных температур, не могли полностью завершить период покоя. Распускание почек у таких растений проходило с большой задержкой. Растения, получившие недостаточное воздействие отрицательными температурами, приступили к вегетации через 67-120 дней. По мере прохождения периода покоя сроки распускания почек сокращались. У растений, не полностью завершивших период покоя, меньше распускалось почек по сравнению с растениями, которые завершили его. Продолжительность охлаждения влияла также на рост побегов: растения, получившие недостаточное количество низких температур, после перенесения в благоприятные условия хуже росли, чем растения, полностью получившие охлаждение. Рост побегов у первых растений начинался через 7-8 месяцев, у вторых – через один-полтора месяца. Интенсивность роста побегов у первых была значительно ниже, чем у вторых.

Для понимания сезонных процессов в природных ландшафтах важно знать, что весной для многих деревьев и кустарников умеренного пояса обязательным условием нормального развития их почек, особенно цветочных, является известный период низких положительных температур. В субтропиках, а в теплые зимы и в южной полосе стран умеренного климата такие виды деревьев и кустарников нормально не развиваются. На юге Калифорнии абрикосовые и сливовые сады после теплых зим не пло-

доносят. На Черноморском побережье Кавказа береза, черемуха и другие северные виды деревьев и кустарников, даже после нормальных для этого района зим, не цветут вовсе или сильно запаздывают в сроках цветения. Это также является одной из причин фенологических инверсий, или интерцепций. Биологическое значение явлений яровизации у многолетников, в частности у деревьев и кустарников, состоит в предотвращении слишком раннего цветения, до окончания периода устойчивых весенних заморозков.

Сигнальная роль разных градаций температуры изучалась также у животных. В субтропиках известны термофильные виды бабочек, выходящие из диапаузы лишь после периода повышения температуры. У многих видов умеренных широт реактивация происходит по окончании периода пониженных температур. Таковы бабочки павлиний глаз, белянка-капустница, белянка-репница, щавелевая стрелчатка и др.

В странах с резким сезонным ходом влажности в качестве сигнального фактора нередко используются различные ее градации. Это часто наблюдается в тропиках, на территориях со сменой сухого и влажного сезонов. Например, сигналом к зацветанию орхидеи дендробиум в Индонезии служит повышение влажности воздуха перед наступлением периода дождей. Некоторые виды среднеазиатских тюльпанов способны переходить к цветению лишь после содержания их луковиц некоторое время в условиях засухи.

Сигнальную функцию могут нести и сезонные явления из жизни организмов. Развитие растительноядных насекомых по сезонам определяется соответственным развитием кормовых растений. Аналогичные факты можно привести и для растений: прорастание семян заразики

стимулируется корневыми выделениями подсолнечника – растения, на котором заразила паразитирует.

Итак, в мире организмов сформировался ряд сигнальных систем, призванных обеспечивать заблаговременную их подготовку к неблагоприятным или благоприятным для их жизни и размножения сезонам годичного круга природы, иначе говоря, реагировать на будущее. Сигналами при этом могут служить самые разнообразные сезонные явления радиационного режима (фотопериодизм), термического (яровизация), режима влажности, солевого режима, ценотической динамики. Важно, чтобы эти сигналы во времени закономерно предшествовали биологически значимым этапам годичного круга природы. В некоторых группах организмов выработались эндогенные ритмы, воспринимаемые нами как «биологические часы», а у высших животных – как инстинкты.

Сезонная динамика организмов и экосистем в целом определяется как экзо-, так и эндогенными факторами, в равной степени учитывающимися при установлении фенолого-экологических закономерностей. Как правило, они действуют на сезонную динамику органической природы согласованно, но согласованность эта не абсолютна. Например, корреляция между сроками гибели от заморозков теплолюбивых растений и сроками созревания их плодов незначительна, хотя обе группы сезонных явлений относятся к одному сезону – осени. Тем не менее, несмотря на отдельные отклонения, общая согласованность сезонных процессов в ландшафте настолько велика, что вполне оправдывает их трактовку как единого явления сезонной динамики всего геокомплекса. Не следует лишь понимать этот процесс упрощенно. Задача фенологии состоит в том, чтобы уметь определять генеральную линию сезонной динамики ландшафта как целого и на

этом фоне выявлять частные экзо- и эндогенные сезонные процессы, развивающиеся относительно автономно.

5.3. Пространственные географо-фенологические закономерности

Проявление сезонности возрастает при движении от экватора к полюсам. В экваториальном поясе сезоны почти неразличимы. В тропическом – большую часть года держится сухая, жаркая погода и только в один раз в год, в относительно холодный сезон дождей, выпадает большое количество осадков. В умеренных широтах наблюдаются относительно сухие, с кратковременным выпадением осадков весна и лето, дождливая осень и зима с устойчивым снежным покровом (Западная Европа, Центральная часть России). В Арктике и Антарктиде времена года сменяются в виде чередования полярного дня и ночи, изменение погодных условий по сезонам здесь почти не прослеживается.

При продвижении от границ субтропиков к полюсам происходит сокращение фенологического лета и удлинение зимы. В предгорных долинах Закавказья и на равнинах Средней Азии южнее 40° северной широты фенологическое лето продолжается 5-5,5 мес. Зима как сезон с устойчивым снежным покровом и морозами здесь отсутствует. Средняя месячная температура самого холодного месяца – января – близка к 0° или несколько выше. Однако, выделяется наиболее холодный сезон с систематическими ночными заморозками, снегопадами, перемежающимися с дождями, и с природой в аспектах относительного зимнего покоя. Сезон этот называется «вегетативная зима» и длится 1,5-2 месяца. Смена основных сезонов – зимы, весны, лета и осени – в этих южных районах выражена отчетливо.

В Евразии севернее 40 параллели до равнинных территорий арктических островов наблюдается закономерная смена четырех фенологических сезонов. Это морозная, почти повсеместно снежная зима. Лето с уровнем тепла, достаточным для нормального развития растительности и животного мира. Между зимой протекают переходные сезоны – весна и осень, каждый со своими своеобразными аспектами природы. Постоянная зима царит лишь в горах, выше нивальной линии, в области хионосферы.

Фенологическая зима в степях Причерноморья, в среднем многолетнем, продолжается 2,5-3 месяца, на южных границах восточно-европейской тайги – 3,5-4 месяца, на границах лесотундры – 6-6,5 мес, в Арктике – около 8-9 мес. Длительность фенологического лета, соответственно, в степях Причерноморья близка к 3,5- 4 мес, на юге тайги –2,5-3 мес, на границе лесотундры –около 2 мес, в Арктике – 4-5 недель. Арктическое лето – прохладное. Среднесуточные температуры самого теплого месяца +10 + 12°. Заморозки возможны в любые сутки лета. Тем не менее, за короткий летний сезон в Арктике успевают смениться несколько аспектов растительности и животного мира. Длительность переходных сезонов, весны и осени, при продвижении с юга на север от Черного к Баренцеву морю сокращается постепенно. На значительном протяжении сумма этих 2 сезонов близка к 5-5,5 мес.

Лишь севернее зоны тайги суммарная длина 2 переходных сезонов сокращается до 4, а в Арктике – до 2,5-3 месяцев. В Сибири с ее континентальным климатом переходы от зимы к лету и от лета к зиме протекают быстрее. По мере усиления континентальности климата на одной и той же широте весна и лето начинаются позже, а осень и зима – раньше. Смена сезонов происходит быстрее.

В качестве количественных показателей быстроты продвижения сезонных явлений в меридиональном

направлении приняты 2 величины: *широтный фенологический градиент* и *скорость продвижения явления*, выраженная в километрах за 1 сут.

Широтный фенологический градиент – это время (число суток), в течение которого фронт сезонного явления продвигается на 1° широты (111 км). Например, черемуха, в среднем многолетнем, в Киеве зацветает 1 мая, а в Санкт-Петербурге – 24 мая. Разница по широте между этими пунктами составляет $8,6^\circ$. Отсюда широтный фенологический градиент зацветания черемухи на отрезке Киев – Санкт-Петербург составляет 2,7 сут на 1° широты. Вместо величины широтного градиента иногда пользуются числом суток, в течение которых фронт сезонного явления продвигается по меридиану на 100 км. Это число в 1,11 раза меньше соответствующего широтного фенологического градиента.

Величиной, обратной фенологическому градиенту, является скорость продвижения фронта сезонного явления. Измеряется она числом километров, которые проходит фронт явления вдоль меридиана за 1 сутки. Средняя скорость продвижения зацветания черемухи между Киевом и Санкт-Петербургом составляет 41,5 км/сут. В зависимости от поставленной задачи в одних случаях удобнее пользоваться фенологическими градиентами, а в других – скоростью продвижения явлений.

На Восточно-Европейской равнине средние многолетние фенологические градиенты колеблются в основном между 2 и 3 сут/ 1° широты, а средняя скорость продвижения сезонных явлений – между 40 и 60 км/сут. Для осенних фитопенологических явлений (пожелтение листвы и листопад) в пределах Восточно-Европейской равнины широтный градиент вновь снижается до 2 суток и ниже.

В Восточной Европе с начала весны до ее конца продвижение сезонных явлений ускоряется. Это подтвержда-

ют данные Г.А. Ремизова (1960): в Белоруссии средний фенологический градиент в марте равен 3,2, в апреле – 2,5, в мае – 2,2 сут/1° широты, но к июню вновь возрастает до 3,0 сут. В континентальном климате Средней Сибири ускорение продвижения явлений продолжается от начала весны до начала осени. Осенние явления с севера на юг двигаются быстрее, чем весенние с юга на север. Их скорость в Средней Сибири достигает 8 км/сут. Зоофенологические явления в целом следуют за фитофенологическими. Однако у разных групп животных имеются свои особенности.

В начале XX века Э. Хопкинсом для приатлантических штатов США, Э.Ине и А.Шрепфером для Западной Европы были установлены средние значения широтных фенологических градиентов, близкие к 4 сут/1° широты. Совпадение этих величин побудило Хопкинса принять это значение широтного фенологического градиента в качестве мирового стандарта, что он и сформулировал в так называемом «биоклиматическом законе». В настоящее время установлено, что величины средних многолетних широтных фенологических градиентов значительно меняются в зависимости от явления, времени года и географического положения пунктов наблюдения. Градиенты около 4 сут/1° широты характерны для весенних сезонных явлений в пределах средних широт в условиях океанического климата. Для разных явлений и в разных географических условиях широтные градиенты могут меняться от 1 до 7-8 сут/1° широты.

В соответствии с тем, что баланс тепла в южных широтах северного полушария при продвижении на север снижается медленнее, чем в высоких широтах, скорость продвижения сезонных явлений природы на юге выше, чем на севере. Осень с севера на юг в пределах Евразии движется быстрее, чем весна с юга на север.

Все изложенные выше географические закономерности, касающиеся продвижения сезонных явлений природы по широте, справедливы при рассмотрении среднего многолетнего хода процессов. В каждом отдельном году, в зависимости от особенностей циркуляции атмосферы, наблюдаются отклонения от среднемноголетних закономерностей. Как правило, продвижение явлений по широте идет неравномерно. Весной, при вторжении волны теплого воздуха, сезонные явления быстро движутся к северу. При наступлении волны холода они замедляют ход или временно прекращают продвижение. Для некоторых групп явлений возможен даже возврат к предшествующему аспекту. Например, в случае резкого похолодания освободившаяся от снежного покрова территория может вновь покрыться снегом, появившиеся весной перелетные птицы могут временно откочевать южнее. Развитие растительности, играющей главную роль в динамике сезонных аспектов ландшафта, замедляется. Столь же неравномерно в отдельные годы и осенние сезонные процессы.

Количественно изменения в сроках наступления сезонных явлений при продвижении вдоль параллелей учитываются с помощью *долготных фенологических градиентов*, т. е. количества времени (сутки), в течение которого фронт сезонного явления продвигается вдоль параллели на 5° долготы. Так, по данным А. Хопкинса, на равнинах Северной Америки весенние и летние сезонные явления запаздывают в среднем на 4 суток при продвижении на каждые 5° долготы, вдоль параллелей от Тихого до Атлантического океана. В Европе аналогичное запаздывание наблюдается при продвижении вдоль параллелей от Атлантического океана вглубь континента, т. е. также с запада на восток. Динамика сезонных явлений вдоль параллелей, как и вдоль меридианов, может быть выражена не только с помощью долготных градиентов, но и с помощью ско-

рости их продвижения, выраженной в километрах за 1 сутки.

Различия в сезонной динамике природы по долготе вызваны взаимодействием системы океан–суша. Особенно рельефно проявляется влияние Атлантического океана на значительную часть Европы и Западной Азии. На рис. 23 представлена динамика средней многолетней структуры сезонов вдоль 50° с. ш. на территории Евразии. Центральная полоса соответствует лету, за которое условно принят теплый период между датами перехода среднесуточной температуры воздуха через $+15^\circ$ в конце весны и через тот же рубеж в конце лета. Полоса летнего сезона с двух сторон окаймляется полосами весны и осени. За начало весны и конец осени приняты средние многолетние даты перехода среднесуточных температур воздуха через 0° . По верхнему и нижнему краям графика расположены отрезки зимнего периода. В графике динамики длины сезонов по долготе длительность лета на огромных пространствах относительно стабильна при некотором колебании вокруг среднего значения около 3 месяцев. Зато сильно меняется длительность переходных сезонов. На берегах Атлантики весна и осень, в среднем многолетнем, продолжаются 6,5 месяцев в году, к востоку от бассейна Волги – лишь около 2,5. За счет этого зима удлиняется от 2,5 месяцев на крайнем западе Европы до 6,5-7 месяцев на той же долготе в Сибири.

Долготный градиент при продвижении по территории Европы и Западной Сибири не сохраняется постоянным, а для некоторых явлений на этом протяжении может изменить свой знак. Начало весны, удаляясь от берега океана, запаздывает все больше и больше, но темпы запаздывания меняются. В приатлантической полосе долготный градиент начала весны близок к 10 суткам на каждые 5° долготы.

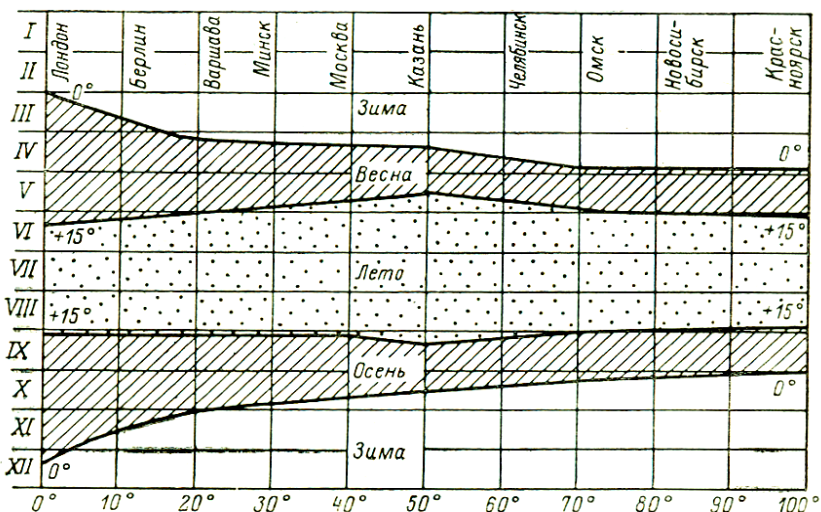


Рис. 23. Изменение длины времен года по долготе от берегов Атлантического океана до р. Енисей (Центральные районы Европы и Западной Сибири; Буторина, 1979, на оси абсцисс – долгота градусах, на оси ординат – месяцы года)

На отрезке от Рейна до Варшавы градиент близок к 5 суткам. Дальше на восток вплоть до Волги, он сокращается до 1,5 суток. Затем на отрезке Волга – Иртыш он немного увеличивается - до 3 суток на 5° долготы, а на участке Иртыш – Енисей, почти исчезает, не превышая 0,5 суток. Начало лета в отличие от начала весны при удалении от Атлантического океана вплоть до Волги наступает все раньше и раньше. Долготный градиент на этом большом отрезке близок к 3 сут. В результате такого схождения изохрон (дат одновременного наступления) начала весны и начала лета длительность весны сокращается от 3 месяцев с лишним на берегу Атлантического океана до 5 недель в районе Казани. Дальше на восток долготный градиент начала лета меняет свой знак – лето начинает запаздывать: на участке Волга – Иртыш с градиентом в +3 суток, а дальше вглубь Сибири – с

градиентом лишь в + 1 сутки на каждые 5° долготы. На всем протяжении от Волги до Енисея в полосе вдоль 55° с.ш. средняя многолетняя длина весны близка к 5-6 недель.

Наиболее устойчива изохрона конца лета, т. е. обратного перехода среднесуточной температуры воздуха через +15°. Этот рубеж на огромном протяжении от океана до долины Иртыша близок к 5 сентября. Дальше в глубь Сибири лето кончается немного раньше, при градиенте в – 1,5-1,0 суток. Длительность лета в рассматриваемой полосе на берегу Атлантики едва превышает 2,5 месяца. При движении вглубь континента лето продолжается дольше. В долине Волги его длина достигает 3,5 месяца. При дальнейшем движении на восток лето постепенно сокращается, и в долине Енисея его длина вновь близка к 2,5 месяца.

Начало зимы у берегов Атлантики начинается позже – в первой половине декабря. В Западной и Центральной Европе долготный градиент с запада на восток снижается от 10 до 5 суток. На участке Варшава – Казань он близок к 2 суткам, на участке Казань–Омск – к 2,5 суткам, еще дальше на восток – к 1 суткам. На участке от Атлантики до Волги длительность осени сокращается от 3 месяцев до 5 недель. Дальше эта длина почти без изменения сохраняется до долины Енисея.

Весной на берегах не замерзающего в этих широтах Атлантического океана первое незначительное потепление приводит к установлению положительных температур воздуха и почвы, т. е. к раннему сходу снега и возврату растительности и животного мира к активной жизни. В глубине материка первое весеннее тепло расходуется на отогревание промерзшей поверхности земли, что задерживает установление положительных температур, разрушение снежного покрова и возобновление активной жизни. В результате подснежники в Западной Франции зацветают

в конце февраля, а в Сибири на той же широте – в конце апреля.

После схода снежного покрова весной и летом наблюдается обратная картина. Материки при одном и том же радиационном балансе прогреваются быстрее и сильнее, чем вода в океане. Сезонные процессы, обуславливаемые термическим фактором, протекают на континентах быстрее, чем на побережье. Различия в сроках наступления аналогичных сезонных явлений на одной и той же широте уменьшаются, а к концу лета меняют свой знак. Так, уборка пшеницы начинается одновременно на юге Франции, на одной широте со Ставропольским краем, а в России – в районе Волгограда; на западе – в Южной Англии, а в России – значительно севернее – на Верхней Волге.

Осенью охлаждение материков при равных радиационных режимах идет скорее, чем воды в океанах. Поэтому осень быстрее протекает в глубине материков и медленнее – на побережьях океанов. Зима в средних широтах Сибири наступает в начале октября, а на атлантическом побережье на той же широте – на 2 месяца позже, в первых числах декабря. В континентальных условиях умеренных широт зима характеризуется не только своей длительностью, но и сильными морозами. На побережье незамерзающего океана сильных морозов не бывает.

Взаимодействие меридиональных и долготных сезонных термических процессов в Европе и частично на западе Сибири приводит к явлению, называемому фенологами «захождением сезонов правым плечом вперед». Весенние сезонные явления наступают прежде всего на юго-западе Европы. Отсюда они распространяются на северо-восток. В начале весны в этом движении преобладает долготная составляющая. В дальнейшем возрас-

тает роль меридиональной составляющей. Фронт сезонных явлений уклоняется все больше к северу и в начале лета движется с юга на север. К концу лета движение сезонных явлений принимает направление на север-северо-запад. Осенние же явления движутся с северо-востока. Такое «захождение сезонов правым плечом вперед», хотя и ослабленной степени, наблюдается и в Сибири: весна всего наступает на юго-западе, но долготная составляющая продвижения сезонных явлений здесь сильно ослаблена. В силу законов атмосферной циркуляции Земли и других географических особенностей влияние океанов на сезонную динамику природы особенно отчетливо проявляется на атлантическом побережье Европы и проникает далеко в глубь континента.

Восточные побережья России омываются замерзающими зимой морями, а летом – холодными течениями. Вдоль берегов тянутся горные цепи. В силу этого, влияние вод Тихого океана на сезонные процессы в глубь материка в пределах России проникает относительно слабо.

Эффект неравномерности в темпах сезонной динамики природы, столь резко проявляющийся в системе океан–континент, в смягченном виде наблюдается по берегам всех более или менее значительных водоемов. В начале весны соотношения зависят от того, является водоем замерзающим или нет. Если водоем незамерзающий, то на его берегах динамика сезонных процессов складывается точно так же, как динамика в системе Атлантический океан–Евразия. Весна на берегу водоема начинается раньше, чем вдали от берегов, а зима устанавливается позже. Но лето на побережье прохладнее. Только масштабы различий меньше, чем в системе океан–суша. Если водоем замерзает, то в начале весны его утепляющее влияние исчезает и разница в

начале весны на побережье и вдали от него выравнивается. На берегах водоемов, в которых за зиму накапливаются большие массы льда, весна может запаздывать по сравнению с удаленными от берега участками.

Пример такого водоема – озеро Байкал. Влияние озера на сезонное развитие природы изучалось рядом исследователей (Филонов, 1963; Моложников, 1976, и др.). Различия в сроках наступления фенофаз у растений наблюдаются непосредственно у самого берега. На песчаных береговых хребтах цветение у растений начинается на 5 дней позже, чем в 100 м от воды, и на 10-12 дней позже, чем в 500 метрах от берега. По малым горным долинам охлаждающее влияние озера весной ощущается на 5-7 км, а по широким долинам крупных рек – на 20-25 км. Наиболее резко влияние озера сказывается весной. В этот сезон различия в сроках облиствения деревьев и кустарников между берегом озера и долинами за прибрежными хребтами достигают 20-30 суток и больше. К лету различия становятся более умеренными. Ягоды (смородина, голубика, брусника) на берегу озера созревают почти на месяц позже, чем в среднем поясе гор. Осенью, наоборот, по берегам дольше сохраняется тепло, чем вдали от них. У многих видов растений наступает повторное цветение. Листопад деревьев на берегу наступает на 10 суток позже, чем вдали от него. Поздние перелетные птицы, например черные вороны, покидают берега Байкала лишь в декабре. Зимний ландшафт устанавливается по берегам на полмесяца позже, чем в удалении от них.

На берегах всех внутренних водоемов сохраняется относительно прохладное лето. Сельскохозяйственные культуры, плоды и ягоды по берегам водоемов созревают несколько позже, чем вдали от них. Если водоем достаточно велик, то к северу от него может сформироваться

широтная летняя фенологическая инверсия. Такая крупная инверсия описана А. П. Васьковским (1957) в Магаданской области. Город Магадан расположен на северном берегу Охотского моря, Палатка – севернее, за прибрежными хребтами. Все остальные пункты – в бассейне р. Колымы, с юга на север. В начале весны, в апреле-первой половине мая, сезонные явления по профилю разворачиваются нормально: чем севернее тем позже. Но уже к началу зеленения лиственницы сезонные явления в долине Сеймчана и Верхней Колымы опережают наступление соответствующих им явлений на более южном побережье холодного Охотского моря, в Магадане. Возникнув, в течение лета инверсия все нарастает и ко времени созревания голубики достигает полумесяца. Осенние же явления опять нормально наступают на севере раньше, чем на юге. Аналогичные широтные фенологические инверсии можно наблюдать в центральной части Кольского полуострова по отношению к северному берегу Белого моря, в южноукраинских степях по отношению к северному берегу Черного моря.

Подобно водоемам, хотя и менее заметно, на ход сезонных явлений действуют крупные болотные и лесные массивы. Известные местные нарушения в закономерном ходе широтных и долготных фенологических градиентов вызывают различия в режиме солнечной радиации, в ветровом режиме, в характере рельефа, почвенного и растительного покровов. В последние десятилетия, в связи с прогрессирующей урбанизацией, все большее значение приобретают различия в ходе сезонных процессов, вызываемых градостроительством. Городские скверы, замкнутые со всех сторон высокими строениями, находятся в термически более выгодных условиях, чем открытые пригородные урочища, поэтому, например, распускание листьев, зацветание, поспевание плодов и семян здесь про-

исходит более быстрыми темпами. Примером тому служит наблюдавшиеся в апреле 2007 года различия в распускании листьев сирени в Санкт-Петербурге. В замкнутом дворике листья сирени распустились на 3 суток раньше, чем на соседней площади перед Казанским собором.

5.4. Влияние рельефа на сезонную динамику геокомплексов

Кроме широты и долготы, на сезонную динамику природы существенно влияет абсолютная высота точки наблюдения. Изучением влияния абсолютной высоты на развитие сезонных явлений занимались многие исследователи. Ф. П. Айрапетян (1972); Р.С. Мкртчян, Ф. П. Айрапетян (1981); Т.И. Кузнецова (1981); П.А. Хуршудян, А.Д. Думикян (1982); М.К. Куприянова (1970, 1985, 2000); Н.В. Скок (1983, 1987); Н.В. Беляева (1998) в своих работах отмечали, что с увеличением абсолютной высоты происходит запаздывание в сезонном развитии отдельных видов растений и сокращение периода вегетации. Л.П. Крутовская (1972), Т.Н. Буторина (1981); В.И. Власенко (1981), Ю.С. Лынов (1981), Г.Э. Шульц (1981), Н.И. Молокова (1982) выявляли различия в сезонном развитии растительности собственно высотных поясов.

Известно, что при подъеме на каждые 100 м средняя годовая температура воздуха понижается в среднем на 0,5-0,6°. Вследствие этого, по мере подъема в горы зима становится суровее, а лето – прохладнее. При этом изменяются и скорости наступления явлений: весенние и летние сезонные явления в горах наступают позже, а осенние – раньше, чем на прилегающих равнинах. Следовательно, изменяется и продолжительность фенологических сезонов: чем выше в горы, тем лето становится короче, а зима – продолжительнее. Выше снеговой линии фенологическое лето отсутствует. Так, например,

нашими наблюдениями, проведенными в 2001-2006 годах, в среднегорьях Северного Урала установлено, что срок вегетации в подгольцовом поясе меньше на 12 суток, а в горно-тундровом – на 32 суток по сравнению с горно-таежным поясом (см. Главу 3).

Мерой изменчивости сроков наступления сезонных явлений природы в горах служит **высотный фенологический градиент**, т.е. разница в сроках их наступления при подъеме на каждые 100 м абсолютной высоты, выраженная в сутках. Скорость продвижения фенофаз по горным склонам очень изменчива. Она зависит от экспозиции склона, его крутизны, положения в горной системе, конфигурации прилегающей долины и ветров в ней, характера поверхности склона. Он может быть лесным, травянистым, осыпным, скальным, при этом имеет значение цвет поверхности. Именно под влиянием различных факторов фенологические наблюдения по отдельным горным профилям дают резко отличные результаты. Однако, если учесть средние значения высотных фенологических градиентов, то выявляется ряд фенолого-географических закономерностей.

Скорость продвижения различных сезонных явлений по горным склонам различна в разные сезоны года. Весной амплитуда наступления феноявлений между отдельными ландшафтными геоконтекстами, расположенными на разной высоте, максимальна. Ранней весной это продвижение относительно медленно. Первая половина весны еще находится под значительным влиянием зимнего сезона и его последствий (возвраты холодов, снежный покров, мерзлота почвы). О количестве тепла, поступающем в геоконтекст в начале весны можно судить по особенностям схода снега.

Вторая половина весны характеризуется увеличением солнечной радиации, быстрым прогреванием почвы и при-

почвенного слоя воздуха, а также началом вегетации растительности. Коэффициент корреляции между наступлением фенологических явлений и термическим режимом весны самый высокий – 0,8-0,9 (Буторина, 1979). Это связано с тем, что прохождение фенофаз у растений зависит от температуры предшествующего периода (Шульц, 1981). Скорость продвижения весенних феноявлений максимальна, хотя на разных широтах, долготах и абсолютных высотах в различных горных системах фенологические градиенты имеют неодинаковые значения. В условиях таежных среднегорий Северного Урала зеленение березы характеризуется градиентами от 0,4 до 1,2 суток/100 м. В целом, запаздывание весеннего развития всей растительности с увеличением абсолютной высоты происходит на 2,4 суток на каждые 100 м высоты. В Альпах например, высотный градиент составляет в среднем, 4-5 суток/100м.

При переходе от весны к лету сезонные явления продвигаются из долин в горы относительно быстро. Высотные фенологические градиенты принимают летом минимальные возможные значения. Например, для летнего генеративного развития травянистых растений в горах Северного Урала (черника, брусника, герань, майник, седмичник) высотный градиент, в зависимости от экспозиции склона, составляет от 0,1 до 1,4 суток/100м. Средние значения высотных фенологических градиентов для горных систем Центральной Европы от начала полевых работ до колошения и цветения овса снижаются на 1,3 суток/100м (Шнелле, 1961). Уменьшение летних высотных фенологических градиентов аналогично такой же закономерности, отмеченной для широтных фенологических градиентов.

В каждом отдельном году продвижение сезонных явлений по горным склонам происходит толчками. Очередное потепление ускоряет развитие растительности, а при

следующем похолодании продвижение сезонных явлений задерживается или вовсе приостанавливается. Так, обильный снегопад 3 июня 2004 г в среднегорьях Северного Урала на 8 суток приостановил развитие растительности, тем самым обусловил запаздывание по сравнению с 2003, 2005 и 2006 гг. К осени высотные фенологические градиенты вновь возрастают. Исследованиями Янцер О.В., Скок Н.В. для гор Северного Урала установлено, что они составляют до 3 суток/100м.

Во влажном климате сроки наступления сезонных явлений на горных склонах меняются медленнее, чем в сухом континентальном климате. Об этом свидетельствуют изменения средних значений высотных фенологических градиентов в различных регионах при движении от Атлантического океана вглубь Евразии. Например, во Французских Альпах они близки к 4,2 суток; в горах Центральной Европы колеблются от 2 до 5,5 суток, при преобладании значений в 4-5 суток; в горах Армении – от 2 до 4 суток; в горах Средней Азии – от 1,5 до 3 суток (Шульц, 1981). Различия в средних высотных фенологических градиентах по колошению озимой пшеницы на Кавказе и в горах Средней Азии составляют от 0,6 до 1 суток. Для гор Северной Америки А. Гопкинс считал типичным значение среднего высотного фенологического градиента в 3,5 суток на каждые 100 м высоты.

Все приведенные значения градиентов относятся к высотам до 1000-1500 м, а для гор Кавказа и Средней Азии – до 2000-2500 м. Минимальных значений достигают средние высотные фенологические градиенты в горах Тибета.

Исследования Р.С. Мкртчян и Ф. П. Айрапетяна (1981) показывают укорачивание длительности весеннего и осеннего сезонов и увеличение длительности периода летней вегетации в районах с более континентальными

условиями по сравнению с северо-восточными, относительно влажными районами Армении.

В качестве примера в различиях сроков наступления сезонных явлений на разной высоте можно привести данные наблюдений за сезонным развитием растительности высотных поясов среднегорий Северного Урала, проведенных преподавателями и студентами географо-биологического факультета УрГПУ (См. Главу 3, табл.7). Верхняя граница горно-таежного пояса в горах Северного Урала расположена на высоте 740-760 м, подгольцового – 960 м, выше находится горно-тундровый пояс. Период вегетации в горно-таежном поясе составляет 136 суток, в подгольцовом – 124 суток, в горно-тундровом поясе – 104 суток.

Различия в сроках наступления сезонных явлений на разной высоте характеризуют результаты наблюдений, проведенных в середине 20 века А. В. Гурским и Г. Э. Шульцем в Хороге (высота 2320 м) и Душанбе (высота 820 м). В Душанбе, где устойчивый зимний режим отсутствует, зацветание наиболее ранних видов растений начинается уже в январе-феврале. В Хороге морозная погода со снежным покровом держится до третьей декады марта. Зацветание «подснежников» задерживается до конца марта, а раноцветущего миндаля – до середины апреля. Разница в сроках наступления ранневесенних сезонных явлений между Душанбе и Хорогом достигает 2 месяцев и более, что соответствует высотному фенологическому градиенту около 4 суток на каждые 100 м высоты. После установления в Хороге биологически активных температур разница между одноименными фенодатами в Душанбе и Хороге заметно уменьшается. Во второй половине весны и летом различия в сроках зацветания и созревания нетребовательных к теплу растений (пустынная осока, садовая земляника, шелко-

вица, ячмень, пшеница) держатся в пределах 30-40 суток, что соответствует градиентам в 2,0-2,7 суток. Эти величины меньше типичных значений высотных фенологических градиентов, приводимых для гор Западной и Центральной Европы. Они свидетельствуют о значительной континентальности среднеазиатского климата. К концу весны и летом температура воздуха в горах вновь заметно отстает от ее уровня в долинах. Плоды абрикосов, алычи, персиков, винограда созревают в Хороге медленнее, чем в Душанбе. Высотный градиент этих явлений возрастает до 4-5 суток на каждые 100 м высоты. Гораздо меньше высотные градиенты созревания ячменя и пшеницы – около 2,5 суток. Здесь действуют, по-видимому, два фактора. Во-первых, различия на разной абсолютной высоте в термическом режиме приземного активного слоя воздуха меньше, чем на уровне крон деревьев. Во-вторых, высоко в горах возделываются более скороспелые хлебные злаки, чем в долинах.

Разница в сроках листопада невелика. При подъеме на каждые 200 м высоты листопад проходит раньше примерно на 3 дня. Профиль Душанбе – Хорог является типичным, однако нельзя распространять выявленные закономерности на все горные склоны Средней Азии, поскольку здесь встречаются районы с иным соотношением тепла и влаги, в которых скорость продвижения сезонных явлений природы может складываться иначе.

При приближении к верхней границе леса, в области с неблагоприятным термическим режимом, разница в фенодатах на каждые 100 м высоты возрастает. Как было показано, средние значения высотного фенологического градиента в среднегорьях Таджикистана колеблются от 2 до 4 суток на каждые 100 м высоты. В высокогорьях Памира этот градиент сильно возрастает. В

районе перевала Кой-Тезек (Восточный Памир), на высотах от 3800 до 4100 м, он достигает значений в 6-7 суток (Шульц, 1981).

Высотный фактор оказывает влияние на сроки наступления сезонных явлений природы не только в крупных горных системах, но и на невысоких грядах с относительными превышениями в сотни метров. Так, для Валдайской, Среднерусской, Приволжской и других подобных возвышенностей высотный градиент колеблется около 2-3 суток на каждые 100 м. На фенологических картах отчетливо видны изгибы изофен при прохождении ими через возвышенности Восточно-Европейской равнины.

Помимо абсолютной высоты большое влияние на сроки наступления сезонных явлений оказывает *экспозиция* склона. *Солярная экспозиция* определяет количество лучистой энергии Солнца, падающей на единицу земной поверхности. В результате различной ориентированности склонов относительно Солнца образуются неодинаковые соотношения количеств тепла и влаги. Весной наблюдается рост абсолютных различий в приходе радиации на неодинаково ориентированные склоны, поэтому, проявление процессов на них начинается неодновременно.

Многими исследователями отмечается опережение развития растительности на южных склонах по сравнению со склонами других экспозиций (Галахов, 1960; Буторина, 1969; Щербаков, 1970; Елагин, 1976, 1980; Шульц, 1981; Кожевникова, 1981). Т.Н. Буторина (1981) в заповеднике «Столбы» (Красноярск) отмечала тенденцию более раннего наступления весенних и летних фенофаз вегетативного цикла, и более позднего наступления его осенних фенофаз на склонах южной экспозиции. Данные об отставании весеннего развития растительности на северных склонах холмов и в депрессиях встречаются в фенологической ли-

температуре неоднократно (Апаля и др., 1972, Лынов, 1976, Puppi и др., 1993, Aizen, Patterson, 1995, Герентьева, 2000, и др.). Нашими исследованиями в среднегорьях Северного Урала установлено, что на южных склонах весной вегетация протекает быстрее на 3,3 суток, а генеративное развитие – на 7 суток по сравнению с растительностью северных склонов. Различия в распускании листьев березы между северным и южным склонами максимальны в верхней части горно-таежного пояса и составляют 2,6 суток. Более быстрому развитию растительности на южном склоне, кроме более высоких температур воздуха и почвы и меньшей увлажненности, способствует более высокая освещенность в ЛГК разных частей горно-таежного пояса.

При сравнении средних сроков зацветания местных травянистых растений на крутых северных и южных склонах ущелья на территории Тбилисского ботанического сада, выявлена разница в 20 суток (Балабуев, 1960).

Макрорельеф оказывает большое влияние на климат и ландшафты, изменяя движение и свойства воздушных масс. Это влияние называют *барьерным*. В работах климатологов Б. П. Алисова (1969), О. А. Дроздова (1952), С. П. Хромова (1968, 2000), рассматриваются вопросы влияния горных хребтов и целых горных систем на циркуляцию атмосферы и распределение атмосферных осадков, а также характеризуются местные ветры, вызванные горным рельефом.

Понятия «ландшафты барьерного подножия» и «барьерной тени» первым ввел А. И. Яунпутинь (1949), имея в виду соседние равнинные территории. Н. А. Гвоздецкий, (1979) придавал большое значение барьерному воздействию горного рельефа в формировании ландшафтов, особенно роли гор в защите от холодных масс воздуха. В ряде работ Ф. А. Максютова (1975, 1981 и др.), посвященных барьерному воздействию на ландшафты гор и прилегающих к

ним равнин, автор различал ландшафты наветренных и подветренных склонов, определяя признаки барьерного эффекта.

В. И. Прокаев (1967, 1983) отмечал, что взаимодействие высотного и барьерного факторов вызывает появление высотно-поясных геокомплексов, состоящих из поясов и подпоясов, с соответствующими горными типами растительности. А.М. Оленевым в монографии «Воздействие макрорельефа на климат и ландшафтные комплексы» (1987) очень подробно рассмотрено барьерное воздействие на ЛГК, и отмечено, что на наветренных склонах с высотой увеличивается выпадение атмосферных осадков и влажность воздуха до определенной высоты. При опускании воздушной массы на подветренном склоне возникает фёновый эффект, в результате которого температура воздуха повышается, а влагосодержание уменьшается.

Фенологические наблюдения, подтверждающие барьерное воздействие хребтов на протекание сезонной динамики растительности, весьма немногочисленны. В их числе можно отметить исследования Р.С. Мкртчян, Ф. П. Айрапетяна в Армении (1981). *Барьерная экспозиция склонов* особенно четко проявляется на Урале, где большинство хребтов ориентированы субмеридионально и поэтому являются естественным препятствием на пути прохождения воздушных масс с Атлантики.

Изучением весеннего и осеннего развития растительности на склонах западной и восточной экспозиции в центральной части Среднего Урала занималась Т.И. Кузнецова (1981). В южной части низкогорной полосы Среднего Урала исследованиями Н.В. Скок (1990) доказано опережение в пожелтении листьев березы на более влажных западных склонах. На аналогично расположенных хребтах Северного Урала, Главном Уральском хребте, массиве Де-нежкин камень, исследованиями О.В. Янцер и Н.В. Скок

выявлено, что весной на западном склоне Желтой сопки, отроге Денежкина камня, развитие растительности происходит быстрее, чем на ее восточном склоне и восточном склоне Главного Уральского хребта. Опережение в весеннем развитии растений на западном склоне Желтой сопки объясняется меньшей высотой снежного покрова, его более ранним сходом, соответственно, более быстрым просыханием и прогреванием почвы и воздуха, а также, более продолжительной освещенностью склона в полуденные часы, когда солнце максимально нагревает поверхность. Лучше и быстрее прогреваемый наветренный западный склон Желтой сопки, весной менее увлажнен, чем ее подветренный восточный склон и восточный склон ГУХ, что связано с расположением Желтой сопки в барьерной тени от Главного Уральского хребта. Осеннее развитие протекает более быстрыми темпами на склонах восточной экспозиции, наибольшее опережение выявлено на восточном склоне Главного Уральского хребта.

Немаловажное влияние на сезонную динамику растительности оказывает *крутизна и затененность* склонов. Примером тому служат средние различия в сроках наступления июньских и июльских фенофаз 11 видов травянистых растений – герань лесная, луговик извилистый, золотая розга, кипрей и др. в Хибинах (Шульц, 1980). Так, на высоте 350-450 м на пологом восточном склоне с уклоном менее 5°, фенофазы наступили на 2-3 суток позже, а на аналогичном, слабо затененном редкостойным еловым лесом участке – на 4 суток позже по сравнению с ровным дном долины. На крутых склонах разница может быть значительно больше. На склонах, имеющих большую крутизну, явления наступают быстрее. Подобная закономерность подтверждается исследованиями Н.В. Скок на Среднем Урале, нашими исследованиями на Северном Урале. Например, весеннее развитие березы в

ельнике-березняке мелкотравно-черничниковом в верхней части южного склона Шарпинской сопки с крутизной 30° на высоте 740 м происходит в среднем на 1 сутки быстрее, чем в кедровнике каменистом, расположенном на 20 м ниже, с крутизной 15° . Это объясняется тем, что на крутые поверхности солнечные лучи могут падать почти отвесно, что при прочих равных условиях обуславливает приход большего количества солнечной радиации.

В горных долинах, в зависимости от их строения, ход сезонных процессов по склонам также протекает поразному. Очень типичен он в замкнутых горных котловинах. Таяние снега, прогревание почвы, развитие растений на днище таких котловин заметно отстают по сравнению с нижними частями склонов, а осенние заморозки побивают теплолюбивые растения на днище котловин раньше, чем на прилежащих к днищу склонах. Это связано с тем, что стекающий по склонам тяжелый холодный воздух вытесняет со дна котловины более легкий теплый воздух, вызывая, таким образом, термическую инверсию. Термическая инверсия влечет за собой инверсию фенологическую. Более раннее развитие растительности осенью в нижних и верхних частях склонов отмечалось Н.В. Скок (1987) в низкогорьях Среднего Урала, О.В. Янцер и Н.В. Скок (2006) в среднегорьях Северного Урала, и связано в нижних частях склонов с инверсиями температур, в верхних – с влиянием высотно-поясного фактора.

В целом, наиболее благоприятными оказываются части склонов, лежащие на 100-300 м выше дна котловин. Выше и ниже этой полосы длительность вегетационного периода сокращается. Выше по склонам высотные фенологические градиенты принимают свои обычные значения.

Исследование сезонной динамики горных территорий имеет особое значение. Фенологические наблюдения, сопряженные с инструментальными, позволяют значи-

тельно детализировать сведения о сельскохозяйственной и лесохозяйственной бонитировке и пригодности отдельных участков горных склонов. Это особенно эффективно при выборе территорий по склонам для закладки ценных южных плодовых культур и виноградников на юге страны.

5.5. Влияние изменения климата на сроки наступления фенологических явлений

По данным палеоклиматических исследований, астрономическим наблюдениям, изучению исторических летописей, история климата Земли показывает, что до наступления эры индустриализации и технологических достижений человечества изменения в климате происходили естественно в течение тысячелетий. Палеоданные свидетельствуют о наблюдавшихся в геологическом прошлом сильнейших и иногда очень быстрых изменениях климата. Эти изменения были весьма значительны и обуславливались естественными причинами, связанными с развитием и эволюцией Земли, изменениями солнечной активности, астрономическими и гелиогеофизическими факторами, вулканической деятельностью и другими причинами, не связанными с деятельностью человека. При оценке различных факторов в формировании глобального климата важен совместный учет вкладов «парникового» потепления и солнечной активности. За последнее столетие наблюдается интенсивное повышение среднегодовой температуры воздуха на 0,24 °С по земному шару.

В одном из своих выступлений Ю. А. Израэль, директор Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, вице-председатель МГЭИК, отметил, что «...XX век - самый теплый за последние 1000 лет. В нем можно выделить повышение среднегодовой температуры в 1940-х годах (за счет ослабления вулканической де-

тельности) и заметное потепление в последние несколько лет. При этом самыми теплыми в ушедшем столетии оказались 1990-е годы, а 1998-й - максимально теплым годом XX века. Ученые фиксируют удлинение безморозного периода, уменьшение толщины морского льда, повышение температуры воды в океане, рост осадков от 0,5% до 1%. Тем не менее, не замечены изменения протяженности льдов в Арктике и Антарктике, нет сведений о понижении уровня залегания многолетней мерзлоты. Повышение уровня Мирового океана не удастся объяснить одним лишь тепловым расширением. Так что вопрос об антропогенном потеплении климата на нашей планете на 100 % еще не решен».

Многие тенденции сроков наступления фенологических явлений отражают вариации климата и служат важными индикаторами происходящих в природе изменений. Именно поэтому в последние годы значительно увеличилось внимание к рядам долговременных фенологических наблюдений как к источнику информации о трендах и межгодовой изменчивости состояния популяций. В Европе активно идут процессы интеграции национальных фенологических сетей, унификации методик наблюдений и анализа многолетних фенологических рядов (Growth stages..., 1997). Это дает возможность получать оценки изменения фенологических показателей широкого географического охвата.

Потепление климата должно сказаться на сроках важных сезонных событий в жизни растений, таких, например, как начало цветения. От периода цветения зависят многие процессы в жизни растений и животных, особенно тех, для которых пыльца и нектар являются источниками пищи. Ученые Йоркского университета (Великобритания), опубликовавшие статью в журнале Science, проверяли гипотезу о влиянии глобального потепления на

сроки наступления сезонных событий у растений. Они сравнили даты зацветания представителей 385 видов растений в южной части Центральной Англии в 1954–1990 гг. с аналогичными данными за 1991–2000 гг. В первые 40 лет изученного периода изменение дат зацветания было небольшим, но с 1980-х гг. оно уже стало значительным. В среднем цветение всех этих видов в 1991–2000 гг. начиналось на 4,5 суток раньше, чем в предшествующие несколько десятилетий. Представители 60 видов (16%) начинали цвести раньше в среднем на 15 дней, а цимбалария настенная (*Cymbalaria muralis*) и яснотка белая (*Lamium album*) – на 55 и 35 дней соответственно. Начало цветения зависит от средней температуры за предшествующий месяц, особенно для видов, цветущих весной. При увеличении температуры на 1°C оно начиналось в среднем на 4 дня раньше. Однолетние виды и виды, опыляемые насекомыми, более склонны к раннему цветению, чем многолетние или опыляемые ветром представители тех же родов. Сходные данные получены в США (г. Вашингтон) при сравнении дат зацветания представителей 100 видов растений в 1970–1999 гг.: цветение в среднем начиналось на 2,4 дня раньше, максимальное смещение составило 46 дней.

В умеренных широтах Северного полушария во второй половине XX в. смещение сроков наступления весенних явлений на более ранние даты у растений составило 6, 7 и более дней (Pescuelas, Filella, 2001; Минин, 2000; Гордиенко, Минин, 2006). По результатам анализа данных наблюдений сети международных фенологических садов (IPG), на территории Европы в период с 1959 по 1993 годы в среднем увеличение продолжительности вегетационного периода составило 10,8 дней вследствие более раннего начала вегетации весной и более позднего ее завершения осенью (Menzel, Fabian, 1999).

В России к настоящему времени накоплен значительный объем фенологических данных. В связи с проблемой изменения климата особенно ценными являются материалы наблюдений, проводимых в заповедниках, где влияние локальных антропогенных факторов минимально. Несмотря на ряд сложностей (смена объектов наблюдений и наблюдателей, перерывы в рядах и т. д.), в последние годы предприняты усилия по систематизации летописных данных и сформированы вполне пригодные для анализа ряды продолжительностью 40-60 и более лет.

Наблюдения российских специалистов на Русской равнине также показали, что в последние 30 лет фазы развития деревьев – сокодвижение, набухание почек, развертывание листьев, зацветание – в целом стали начинаться раньше (Бязров Л.Г., <http://bio.1september.ru>).

По данным А.А. Минина (ИГКЭ Росгидромета и РАН, г. Москва), в высоких широтах тенденция потепления должна проявиться наиболее резко и может повлечь серьезные изменения в структуре, видовом составе и сезонной ритмике северных экосистем. Действительно, для большинства метеостанций, расположенных севернее 60° с.ш., за период с 1960 до конца 1990-х годов характерно повышение средних годовых температур воздуха на 0,3-0,9°C, в основном за счет значительного потепления весеннего и зимнего периодов, которое подтверждается и повышением температур почвогрунтов на 0,5-1,2°C на разных глубинах в районах Архангельска, Хоседа-Хард и Кандалакши (Видякина, 2000). Соответственно отмечаются тенденции возрастания продолжительности безморозного периода и сокращения числа дней с устойчивым снежным покровом, более раннего вскрытия рек, некоторого увеличения годовых сумм осадков.

Однако фенологические тенденции состояния экосистем Русской равнины за этот же период не являются столь

однозначными. Анализ материалов массовых многолетних наблюдений за сезонной ритмикой природы показывает, что наиболее значительное смещение сроков в сторону более ранних характерно для ранне- и средневесенних событий в жизни древесных растений. Развертывание первых листьев у березы бородавчатой на Европейском Севере стало наступать раньше на 5-10 дней, зацветание черемухи обыкновенной - на 10-15; зацветание рябины обыкновенной стало происходить примерно на 5 дней раньше лишь на северо-востоке равнины. В центральных районах смещение дат уже не столь очевидно. Окончание листопада у березы стало запаздывать на 0-5 дней (Минин, 2000).

По мнению Кировских ученых, в частности, Т. Шиховой (1992 г.) по статистической обработке фенологических рядов 20-го столетия показали, что общее потепление климата существенным образом отразилось на сезонной ритмике вятской природы. Наступление весенне-летних фенологических явлений происходит раньше на 5-7 суток, а зима в последние десятилетия наступает на 6 суток позднее, чем в начале века. При этом длительность весны и осени остались прежними.

Смещение сроков наступления явлений также характерно для более континентальных районов нашей страны. Так, в Томской области и, по всей вероятности, на всей территории Западной Сибири к концу 20 века стали наблюдаться весной ранние и сверхранние сроки наступления явлений (В.Г. Рудский, 2001). Это подтверждается данными наблюдений почти за 100 лет в Томске (табл. 22).

Таблица 22.

Зацветание черёмухи в г. Томске

Наблюдатели	Годы наблюдений	Количество лет выборки	Дата зацветания
Иоганзен Б.Г.	1911-1927	17 лет	25 мая
Гончаров А.Г. и др.	1954-1969	15 лет	24 мая
Рудский В.Г.	1985-2000	16 лет	18 мая

В районах Сибири с резко континентальным климатом, например, в Республике Саха, первые заморозки осенью постепенно смещаются с августа на сентябрь. Дата первых положительных температур за последнее десятилетие сместилась с 27 марта-22 апреля на 5-19 апреля, а отрицательных температур с 27 сентября - 9 октября на 26 сентября – 6 октября, т.е. на 3 дня. Изменение температуры зимних месяцев, похолодание в летний период и в то же время смещение первых осенних заморозков на более поздний период (табл. 23), обуславливают появление различных адаптационных приспособлений биоты. Изменяются фенологические реакции растений. В течение последнего десятилетия, особенно в последние пять лет, увеличивается частота случаев осеннего вторичного цветения шиповника, брусники, голубики, более длительного осеннего цветения одуванчика, тысячелистника. Отмечаются случаи, когда деревья и кустарники «уходят» в зиму, не сбросив листву. Эти явления приводят к ослаблению популяции, поскольку к началу периода «нормальной» вегетации следующей весной, растения будут слабы. За последние 10 лет происходит смещение сроков зацветания травянистых растений со второй декады июня на I декаду июня – III декаду мая, изменяются сроки распускания листьев у деревьев, пожелтения листьев и окончания листопада.

Таблица 23.

Фенологическая реакция растений на изменение климата за период 1990 – 2000 гг. (по данным Захаровой Е.В., г. Олекминск, Республика Саха)

Период	Зацветание трав	Пожелтение листьев у деревьев	Конец листопада
1990-1994	2-3 декада июня	3 декада августа – 1 декада сентября	2 декада сентября
1995-2000	3 декада мая – 1 декада июня	2 декада сентября	3 декада сентября – 1 декада октября

В Иркутской области (Восточная Сибирь) – средняя зимняя температура повысилась в 5 раз более, чем в среднем на Земле. Смещение сроков цветения растений весной происходило со скоростью около 1 дня за 10 лет. То же самое происходит и с деревьями. Так, зацветание березы и яблони начиная с 80-х годов наступает уже в первые недели июня, а 50 лет назад наблюдалось не ранее его середины.

Выявление влияния изменения климата на фенологию животных отследить сложнее. Часто орнитологи пытаются соотнести сроки прилета птиц весной с условиями погоды того места, куда они прилетают (Соколов, 2006; Соколов, Гордиенко, 2008). Однако, начиная перелет с мест зимовки, они не могут знать ожидающих их погодных условий там, куда они направляются. Возможным объяснением может служить зависимость флуктуаций⁷ погодных условий в местах зимовки, и по маршруту перелета, с флуктуациями условий того места, где они проводят теплый сезон. В зависимости от этой информации они сдвигают начало перелета или изменяют время в пути.

Для некоторых перелетных птиц наблюдаемая связь сроков весенних фенологических событий с климатом не совсем ясна. Это относится, например, к датам прилета передовых скворцов (*Sturnus vulgaris* L.) и первого кукования кукушки обыкновенной (*Cuculus canorus* L.). Если скворец всеяден, и его прилет служит индикатором перелома зимнего типа циркуляции атмосферы на весенний, то кукушка обыкновенная – насекомоядная птица, прилет которой и начало токования самцов свидетельствуют о формировании в биоценозах взаимосвязей уже летнего характера (Шульц, 1981). При рассмотрении полей изменения даты прилета передовых скворцов за период с 1968 по

⁷Флуктуация - случайное отклонение физической величины от ее среднего значения

1997 годы обращает на себя внимание преобладание положительных значений (Минин, 2000). Это свидетельствует о том, что данное событие стало наступать позже: в центре и на востоке Русской равнины на 5-10 суток, в западной части значения изменений близки к нулю. В меньшей степени та же тенденция прослеживается и для смещения даты первого кукования кукушки.

Аналогичные неоднозначные тенденции реакции биоты на изменения климата отмечаются по результатам более комплексных детальнейших исследований в заповедниках. Так, за последние десятилетия прошедшего столетия в Печоро-Илычском заповеднике отмечено с одной стороны расширение ареалов ряда видов птиц и амфибий, установление более ранних сроков наступления весенних событий, а с другой - продолжительность периода вегетации сократилась, т.к. осенние события, в том числе и пролеты птиц, стали наступать существенно раньше (Бобрецов и др., 2001). По данным Н. Гордиенко на Южном Урале в Ильменском заповеднике отмечающееся в настоящее время потепление климата, особенно сильное в зимний период, обусловило сдвиги в сроках наступления многих явлений в жизни растений и животных в сторону их опережения. Отмечены более ранние сроки прилета грачей, краев, чаек и других видов, а некоторые ранее перелетные птицы остаются зимовать – например, серая ворона и галка. В Якутии раньше прилетают воробьиные, водоплавающие, смещаются сроки отлета птиц осенью (табл. 24).

Таблица 24.

Фенологическая реакция животных на изменение климата (по Захаровой Е. В., Олекминск)

Период	Весенний пролет гусей и уток	Осенний отлет гусей и уток	Кукование кукушки
1990-1994	3 декада апреля	3 декада сентября	17-23 мая
1995-2000	3 декада апреля – 1 декада мая	1 декада октября	20-26 мая

Появляются виды, несвойственные для типичной орнитофауны: чибис, скворец, сойка. В последнее десятилетие также происходит расширение ареала благородного оленя (изюбря) и освоение им областей Центральной Якутии. Вопрос о связи изменений сроков прилета-отлета у перелетных птиц с изменениями климата требует дальнейших исследований.

Сроки наступления фенологических фаз развития органического мира в последние десятилетия сдвигаются вследствие изменения экзогенных факторов, в частности, потепления климата, и более четко это проявляется в континентальных районах России. Фенологические показатели развития растительности, как наиболее физиономичные, имеющие тесную связь с температурным режимом и увлажнением могут быть использованы в качестве индикаторов изменения климата.

Контрольные вопросы:

1. Какие изменения в структуре и продолжительности сезонов происходят при движении от субтропиков к полюсам? С чем они связаны?
2. Какие фенолого-географические закономерности позволяют выявить широтный и долготный фенологические градиенты? Почему они меняют свои значения по сезонам года?
3. Почему по мере увеличения континентальности климата на одной и той же широте весна и лето начинаются позже, а осень и зима раньше?
4. В чем проявляются различия в сезонной динамике по долготе? Чем они вызваны?
5. Объясните причины и приведите примеры изменения продолжительности и сроков наступления сезонов при подъеме в горы.
6. С чем связаны разные скорости продвижения явлений по горным склонам в разные сезоны года?
7. Как экспозиция и крутизна склонов влияют на протекание сезонной динамики растительности? Приведите подтверждающие примеры.

Глава 6. Фенология в школе

6.1. Формирование фенологических знаний и умений в школьном курсе географии

Для современного общества усвоение школьниками суммы разнообразных знаний по различным предметам естественнонаучного цикла представляется недостаточным. Учащиеся, которые успешно освоили базовый курс школьной программы, научились применять свои знания в знакомой ситуации, но не умеют самостоятельно приобретать знания, умело применять их на практике для решения возникающих проблем, генерировать новые идеи, творчески мыслить, не могут рассчитывать на успех в обществе XXI века.

Произошедшие в последние годы изменения в практике отечественного образования: модернизация структуры и содержания общего образования, новые принципы личностно ориентированного образования, индивидуальный и системно-деятельностный подходы в обучении потребовали в первую очередь продуктивных методов обучения. Обновляющейся школе необходимы такие методы и технологии обучения, которые:

- приоритетно нацелены на развитие познавательного интереса учащихся;
- формируют активную, самостоятельную и инициативную позицию учащихся в учении;
- реализуют принцип связи обучения с жизнью;
- развивают в первую очередь общеучебные умения и навыки: исследовательские, рефлексивные, самооценочные;
- формируют не просто умения, а компетенции, т. е. умения, непосредственно сопряженные с опытом их применения в практической деятельности.

При изучении географических дисциплин в школе учитель должен обеспечить:

- усвоение учащимися основ географической науки и некоторых смежных наук о Земле и обществе;
- овладение умениями характеризовать и оценивать природную и хозяйственную обстановку конкретной территории, в том числе и своей территории;
- создание у учащихся «образа территории».

При решении этих задач необходимы фенологические знания, т.к. невозможно рассмотрение объектов и закономерностей развития природы вне сезонности. Именно поэтому основные фенологические закономерности должны стать предметом изучения на уроках географии, биологии, а также при проведении экскурсий в природу. Метод наблюдения широко используется в естественных науках, являясь органической частью любого исследования. В школьном обучении этот метод также широко используется, при этом технология его применения упрощена. Метод наблюдения ориентирован на чувственное восприятие изучаемого объекта или процесса, способствует установлению связей между объектами и явлениями, наиболее полному их познанию. Учитель должен обучать школьников наблюдать за объектами живой и неживой природы, выделять и характеризовать существенные признаки живой и неживой природы, необходимые для формирования географических и биологических понятий, для установления для установления закономерностей развития природы, формирования географических и биологических понятий, теорий.

Изучение основ географии происходит на фактическом материале, имеющем конкретную сезонную характеристику. На основании письма Министерством образования и науки РФ от 07.07.05 г. № 03-1263 и в связи с переходом на Федеральные государственные образовательные

стандарты (ФГОС) нового поколения, учителям географии рекомендуется использовать примерные программы основного общего и среднего (полного) общего образования Министерства образования и науки РФ. Примерные программы по географии призваны сохранить традиции классического учебного предмета и, наряду с этим, раскрывают неиспользованные резервы в структуре содержания и организации обучения. В соответствии с ними в 2011-2012 учебном году утвержден перечень учебных пособий, рекомендованных (допущенных) Министерством образования и науки РФ для средних учебных учреждений, куда вошли учебники и учебно-методические комплексы под авторством: Герасимовой Т.П., Неклюковой Н.П.; Домогацких Е.М., Алексеевского Н.И.; Лобжанидзе А.А.; Петровой Н.Н., Максимовой Н.А.; Душиной И.В., Коринской В.А., Щенева В.А.; Раковской Э.М.; Бариновой И.И.; Дронова В.П., Рома В.Я.; Алексеева А.И. и др. В них в разной степени отражен сезонный аспект изучения природы и хозяйственной деятельности человека.

Ниже указаны темы школьной географии с фенологическим аспектом содержания и указанием фенологических наблюдений, рекомендуемых нами для проведения при их изучении (табл.25).

Таблица 25.

Фенологические наблюдения и использование их результатов при изучении разделов школьного курса географии

тема	Фенологический аспект содержания темы	Фенологические наблюдения и использование их результатов
ОКРУЖАЮЩИЙ МИР (5 класс)		
Земля – планета	Смена времен года в	Сравнение в одни

Солнечной системы. Движение Земли вокруг Солнца	результате движения Земли вокруг Солнца	календарные сроки образов природы различных точек планеты
Как изучаются изменения погоды	Ведение фенологических наблюдений как метод изучения природы. Феноиндикация. Народные приметы.	Ведение календаря природы. Установление по нему феноиндикаторов, проверка народных примет.
Водоемы зимой	Сезонные изменения в жизни водоемов	Наблюдения за сроками замерзания и вскрытия водоемов, за нарастанием толщины льда, за изменениями в жизни рыб (по беседам с рыбаками).
Растения, животные и внешняя среда	Разнообразие растений как следствие разнообразия условий жизни, приспособленность растений к различным средам и сроками наступления фенофаз	Наблюдения за различными сроками наступления фенофаз у растений в различных экологических условиях
Разнообразие животных на Земле	Проявление сезонной динамики у животных, как приспособление к конкретным условиям среды	Определение по календарю природы сезонных изменений в жизни животных
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ		
Введение	Фенологические наблюдения как один из наиболее доступных методов позна-	Ведение календаря природы в течение всего учебного года (погода, высота сто-

	ния природы	яния Солнца над горизонтом, состояние почв, водоемов, растительности, животных)
План и карта	Преобладающий спектр ландшафта в различные сезоны года. Аэрофотосъемка	Наблюдение спектра ландшафта. Анализ календаря природы – изменение спектра конкретного ландшафта по сезонам
Литосфера	Изменение гор и равнин в результате внешних процессов, проявляющихся сезонно	Анализ календаря природы по соответствующему направлению
Гидросфера	Особенности сезонных изменений водных объектов своей местности	Наблюдение в день обследования за состоянием местного водоема, определение по календарю природы сезонных изменений водоема – составление календаря водоема
Атмосфера	Сезонные климатические изменения	Вычисление средних многолетних сроков наступления сезонов, составление круговой диаграммы сезонов года по продолжительности; построение графиков изменения температуры, характера и количества осадков по сезонам года

Взаимосвязи компонентов природы	Проявление взаимодействия компонентов природных комплексов в конкретных сезонных изменениях природы	Сопоставление по календарю природы сезонных изменений климатических факторов и состояния отдельных компонентов природы. Выявление взаимодействия по календарям природы разных лет
Природа и население своей местности	Сезонные изменения природных компонентов своей местности как условия жизни населения	Сопоставление ритмов жизни, трудовой деятельности жителей районов своей и отдаленной местности с календарями природы
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ МАТЕРИКОВ И ОКЕАНОВ		
Природный комплекс	Изменение ПК с широтой, долготой и высотой по количеству и качеству компонентов и их сезонному развитию	Наблюдения методом индикаторов урожайности, интегральным описательным методом, методом СФХ в пунктах с различными формами рельефа и абсолютной высотой. Экометрические съемки на территории с различными формами рельефа
Материки и океаны	Изменение внешнего облика природных зон по сезонам	Сопоставление сезонных аспектов природных зон. Составление диаграмм

		сезонов года по их продолжительности для изучаемых территорий
Географическая оболочка и природные комплексы	Сезонная ритмичность – одна из закономерностей развития географической оболочки	Составление описания ПК по типовому плану с фенологической составляющей
ГЕОГРАФИЯ РОССИИ		
Введение	Фенологические карты – один из видов тематических карт, показывающих пространственные закономерности сезонной динамики природы	Составление фенологической карты или анализ существующих карт из атласа Свердловской области
Рельеф, геологическое строение и полезные ископаемые	Сезонное проявление оползней, селей, оврагообразования	Определение по календарю природы периодов, благоприятствующих процессу оврагообразования
Климат	Продолжительность вегетационного периода; количество, характер и режим осадков как важные агроклиматические ресурсы. Воздействие изменения климата на сроки наступления явлений и характер протекания сезонов в конце 20 – н. 21 вв.	Ознакомление с агроклиматическим справочником и картой. Сопоставление климатических изменений и сроков наступления фенологических явлений на конкретных территориях

Внутренние воды	Сезонность опасных явлений, связанных с водоемами и водами	Определение периодов безопасного движения по льду по результатам наблюдения за нарастанием толщины льда
Разнообразие ПК России	Сдвиги сроков наступления фенологических явлений по сравнению со средними многолетними сроками; качественные и количественные характеристики состояния компонентов ПК – показатели экологического состояния изучаемой территории	Фенологические наблюдения на территории для определения влияния неблагоприятных экологических факторов на состояние компонентов ПК
География Свердловской области	Природные условия и ресурсы области, их сезонная характеристика	Характеристика по календарю природы природных условий своей местности

Фенологические наблюдения могут стать основой для формирования у учащихся исследовательских и оценочных умений экологического характера. «Образы территорий» помогают усвоить учащимся основы географии и смежных наук, делают изучение этой учебной дисциплины интересным и увлекательным, а вне сезонного аспекта «образы территорий» теряют свою конкретность. Таким образом, учет фенологического аспекта в содержании школьных курсов окружающего мира и географии, использование фенологических наблюдений в практических занятиях по этим дисциплинам необходимо.

6.2. Формирование фенологических знаний и умений в школьном курсе биологии

Одной из задач обучения биологии в школе является организация и проведение натуралистической работы с учащимися. Трудность эффективного выполнения этой задачи заключается в том, что формирование биологических знаний и умений, в том числе исследовательских и практических, связано с проведением учащимися наблюдений и опытов непосредственно в природе, со сбором натуральных объектов и изготовлением учебно-наглядных пособий. Однако, наряду с теоретическим курсом и лабораторными занятиями, исследования в полевых условиях дают возможность наиболее полно показать широкий диапазон знаний, умений и навыков, которые необходимы современным школьникам.

В преподавании современной школьной биологии используется большое разнообразие учебно-методических комплектов (программы, учебники, методические пособия), далее - УМК. Их можно рассматривать как самостоятельные «линии», призванные помочь учащимся достичь необходимого уровня биологической подготовки (Калинова Г.С., Воронина Г.А., 2007). С целью сохранения единого образовательного пространства и обеспечения учащихся учебниками приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24.12.2010 № 2080 «Об утверждении федеральных перечней учебников, рекомендованных (допущенных) к использованию в образовательном процессе в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы общего образования и имеющих государственную аккредитацию» утвержден их Федеральный перечень, в который вошли учебники и учебно-методические комплексы под редакцией Н.И. Сонина, В.В. Пасечника И.Н. Пономаревой, А.И. Никишова. Предлагаемые программы и соответствующие им школь-

ные учебники имеют инвариантную (обязательную) составляющую и вариативную, обеспечивающую их различия. В связи с тем, что каждая линия характеризуется своими содержательными и методическими особенностями, предполагается, что обучение школьников с 6-го по 9-й класс организуется по учебникам одной содержательной линии. Выбор конкретной линии УМК осуществляется в зависимости от предпочтений педагогического коллектива с учетом особенностей учащихся.

Рассмотрим возможности формирования у учащихся фенологических знаний и способов деятельности при изучении содержания разделов школьного курса биологии на примере образовательных программ по естествознанию и биологии для 5-9 классов авторского коллектива под руководством А.И. Никишова (табл. 26).

Таблица 26.

Фенологические наблюдения и использование их результатов при изучении разделов школьного курса биологии

Раздел	Фенологический аспект содержания раздела	Фенологические наблюдения и использование их результатов
ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ. НЕЖИВЫЕ ТЕЛА И ОРГАНИЗМЫ, 5 кл.		
Вода, воздух, почва, живые тела (организмы) и человек как часть живой природы	Взаимосвязи физических, химических, биологических, экологических и других естественнонаучных явлений в сезонном аспекте	Ведение календаря природы. Установление по нему феноиндикаторов. Сравнение в одни календарные сроки образов природы различных пунктов
РАСТЕНИЯ, БАКТЕРИИ, ГРИБЫ И ЛИШАЙНИКИ (6 кл)		

Отделы растений в порядке усложнения их организации (строение, жизнедеятельность, систематика растений)	Жизнедеятельность, рост и развитие растений, Размножение и расселение растений в связи с сезонностью	Определение по календарю природы благоприятных периодов для развития процессов жизнедеятельности растений. Фенологические Наблюдения методом индикаторов урожайности, интегральным описательным методом, методом СФХ в пунктах с различными экологическими условиями
Бактерии, грибы и лишайники		
Растительные сообщества и их охрана		
ЖИВОТНЫЕ (7 кл)		
Основные типы и классы животных	Многообразие и единство животного мира, приспособления к средам жизни и конкретным местообитаниям. Физиологические процессы и поведенческие реакции, связанные с сезонными изменениями в природе	Сопоставление по календарю природы сезонных изменений в жизни животных (сроки прилета и отлета птиц, миграции млекопитающих, нерест рыб, линьки, залегание и выход из спячки и т.п.).
ЧЕЛОВЕК И ЕГО ЗДОРОВЬЕ (8 кл)		
Взаимосвязи организма и среды	Циклы жизнедеятельности человека, адаптация человека к условиям природной среды; взаимодействие человека и	Сопоставление ритмов жизни, трудовой деятельности жителей районов своей и отдаленной мест-

	природы	ности с календарями природы
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, 9 кл.		
Биологические процессы: размножение и жизнедеятельность организмов; Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах и биосфере	Выявление взаимосвязей и зависимости развития живых организмов, биосферы и географической оболочки (установление межпредметных связей) обусловленных сезонностью	Определение по календарю природы периодов развития процессов. Наблюдения методом индикаторов урожайности, методом СФХ в различных биоценозах

Формирование у людей высокой экологической культуры невозможно без экологического образования школьников. Экологическое образование и воспитание должно быть основным направлением в работе как на уроках естественнонаучного цикла, так и во внеурочной деятельности. Но воспитать у ребят ответственное отношение ко всему живому на земле можно лишь при их регулярных контактах с природой. Успешно освоить методы и методические приемы работы в природе ученики могут лишь под руководством педагога во время учебных экскурсий. Наблюдения при проведении экскурсий обеспечивают повышенный интерес учеников к работе над определенной тематикой и на основе этого более углубленное и прочное усвоение материала.

Контрольные вопросы:

6. В каких курсах школьной географии наиболее полно представлен фенологический аспект изучения природных комплексов? С чем это связано?
7. Каковы особенности изучения фенологических закономерностей в биологии? Ответ обоснуйте.

8. Какие методы фенологических наблюдений наиболее перспективны для применения в школьной краеведческой работе?

Библиографический список

1. Айрапетян Ф. П. Опыт изучения высотных фитофенологических градиентов на склоне массива Арагац: автореф. дис... канд. геогр. наук. Ереван, 1972. 21 с.
2. Арутюнян Л.В., Маргарян В.А. Некоторые особенности фенологии растений в условиях высокогорий Армении // Сезонная ритмика природы горных областей. Л: Сев.-Зап. книж. изд., 1982. С. 139 – 140.
3. Аракава Х. Изменение климата Л., 1975. 112 с.
4. Архипова Н.П. Окрестности Свердловска. – 3-е изд., перераб. и доп. Свердловск.:Сред.-Урал.кн.изд., 1981.201 с.
5. Балбышев И.Н. Времена года. Лениздат, 1971. 182с.
6. Баринаова, И.И. География России. Природа. 8 кл. Учеб. для общеобразоват. учеб. заведений.- 4-е изд.стереотип. – М.: Дрофа, 2000. 288 с.

7. Батманов В. А. Заметки по теории фенологического наблюдения // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1967. С. 7-30.
8. Батманов В.А. К методике осенних фенологических наблюдений за окрашиванием листвы и листопадом // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1. Иркутск: Сибирское книжное изд., 1967. С. 122-128.
9. Батманов, В.А. Лекции по фенологии для учителей./ В.А. Батманов. Екатеринбург, 2006. 68 с.
10. Батманов В.А., Куприянова М.К., Мухамедзянова Т.И., Щенникова З.Г. Опыт применения интегрального и экометрического методов фенологического наблюдения в различного рода исследованиях // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, ч. 1. Иркутск: Сибирское книжное изд., 1967. С. 98-121.
11. Батманов В.А., Мухамедзянова Т.И. О влиянии экспозиции склонов и их абсолютной высоты на сезонное развитие березы (на примере горы Бунар) //Ландшафтные исследования в Свердловской области. - Сб. науч. тр. № 210. Свердловск.: СГПИ, 1974. С. 87-92.
12. Баунова И.А., Михалевич Э.Б. Сезонные экскурсии в природу (методические рекомендации). Ярославль, 1990. 51 с.
13. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск.: Наука, 1974. 155 с.
14. Беручашвили Н Л. Четыре измерения ландшафта. М.: Мысль, 1986. С. 182.
15. Боголюбов А.С. Методы метеорологических наблюдений: методическое пособие. М.: Экосистема, 1997. 21 с.
16. Буторина Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края. Новосибирск: Наука, 1979. 231 с.
17. Буторина Т.Н., Крутовская Е.А. Биоклиматическая характеристика территории заповедника «Столбы» за 1963 –

- 1964гг. // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, Ч.1. / Вост.-Сиб. книж изд-во, Иркутск, 1967. С. 40 – 62.
18. Буторина Т.Н., Крутовская Л.П., Молокова 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.
19. Власенко В.И. Фенопериодизация вегетационного периода в подгольцово-субальпийском поясе Западного Саяна // Сезонная ритмика природы горных областей. Л.: Наука, 1982. С. 34 – 35.
20. Возьмитель К.А., Квашнина А.Е., Кирсанова О.Ф. Опыт феноклиматической периодизации года в заповеднике «Денежкин камень» при отсутствии метеопостов // Заповедное дело. 2002 С. 4-9.
21. Водолажская Т.И. Научно-методическое руководство для мониторинговых (фенологических) работ. Казань: изд-во КГУ, 1996. 80 с.
22. Галахов Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года. М.: АН СССР, 1959. 183 с.
23. География. Программы для общеобразовательных учреждений. 6-11 классы. Сост. С.В. Курчина. М.: Дрофа, 2010. 62 с.
24. География России: Учеб. для 8-9 кл. общеобразоват. учреждений/ под ред. А.И. Алексеева: в 2 кн. Кн 1: Природа и население. 3-е изд., испр. М: Дрофа, 2002. 320 с.
25. География России: Учеб. Для 8-9 кл. общеобразоват. учреждений/ под ред. А. И.Алексеева: Кн 2: Хозяйство и географич. районы. 3- е изд., испр. М.: Дрофа, 2002. 288 с.
26. География и современные проблемы естественнонаучного познания: материалы Всерос. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 3-4 дек. 2009 г. / Урал. гос. пед. ун-т ; науч. ред. В. Г. Капустин.-Екатеринбург, 2009. Ч. 1-2. – 230 с.

27. Голубев В.Н. Методические особенности фенологических наблюдений за растениями в составе зонально-поясных типов растительности // Сезонная ритмика природы горных областей. Ленинград.: Сев.-Зап. книж. изд., 1982. с. 61 – 64.
28. Деева Н.М. Особенности сезонного развития лесных фитоценозов северо-западной части Путорана. Лесоведение, №1, 1995. с. 46 – 56.
29. Деева Н.М. Сезонное развитие растительных сообществ северо-запада Путорана // Сезонная ритмика природы горных областей. Л.: Сев.-Зап. книж. изд., 1982. С.47-48.
30. Дьяконов П.Н. Календарь природы окрестностей поселка ключи (нижнее течение р. Камчатки) // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока, Ч.1. / Вост.-Сиб. книж изд-во, Иркутск, 1967. С. 94 – 97.
31. Душина И.В., Коринская В.А., Щенев В.А. География: Наш дом – Земля: материка, океаны, народы и страны: 7 кл. учеб: для общеобразоват. учеб. Заведений. 6-е изд., перераб. М.: Дрофа, 2002. 384с.
32. Елагин И.Н. Времена года в лесах России. Новосибирск. Наука, Сиб.отд., 1994. 120 с.
33. Елагин И.Н., Куприянова М.К., Скок Н.В. Различные методы изучения сезонной ритмики ландшафтов и биоценозов //Сезонная ритмика биоценозов. М.: Наука, 1985. С. 4–11.
34. Елагин И. П., Лобанов А.И. Атлас - определитель фенологических фаз растений. М. Наука, 1979. 96 с
35. Железная Е.Л. Сезонная ритмика основных растительных сообществ заповедника «Басеги» – Бюлл. Моск. общ. исп. прир., отд. биол., 1999, Т. 104, вып. 3. С. 38-42.
36. Заянчковский И.Ф. Живые барометры. М.: Лесная промышленность, 1977. 36 с.
37. Зуева Г.А. Общая фенология: конспект лекций. Елабуга, 2008. 54 с.

38. Исследования природных и социально-экономических систем Урала и проблемы методики обучения: материалы межрегион. науч.-практ. конф. 24 ноября 2011 г. /УрГПУ – Екатеринбург, 2011. 185 с.
39. Кайгородов А. И. О временах года в связи с аналитическими и сравнительно-климатическими приемами их изучения // Журнал геофизики и метеорологии, 1927. т. 4, в. 2. 14 с.
40. Калинова Г.С., Воронина Г.А. Учебники и учебно-методические пособия по биологии// Биология. Изд.дом «Первое сентября», № 9. – 2007.
41. Крылова О.В. Материки и океаны: Учеб. Для 7 кл. общеобразоват. учреждений. 4-е изд. М.: Просвещение, 2002. 303с.
42. Крылова О.В. Физическая география: начальный курс. учеб. для бкл. общеобразоват. учреждений. 4-е изд. М: Просвещение, 2002. 192с.
43. Куприянова М.К., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе. Свердловск.: СГПИ., 1985. 71 с.
44. Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей. Екатеринбург.: УрГПИ, 1992. 126с.
45. Куприянова М.К., Новоженев Ю.И., Щенникова З.Г. Фенологические наблюдения во внеклассной краеведческой работе: учебное пособие для учителей биологии, географии, естествознания и природоведения средних школ; ред. совет.: А.М. Черняев и др. Екатеринбург: БКИ, 2000. 244 с.
46. Куприянова М.К. Использование вещественных показателей фенологического состояния объектов для характеристики низших ландшафтных геокомплексов // Физико-географические исследования на Урале. Свердловск.: СГПИ, 1990. 9 с.

47. Куприянова М.К., Беляева Н.В. О некоторых фенологических закономерностях ландшафтных геокомплексов Висимского заповедника // География и природные ресурсы. 1998. № 1. с. 16-24.
48. Куприянова, М.К., Нездолий Т.П. Фенологическая тропа В.А.Батманова. Екатеринбург.: Центр «Учебная книга», 2004. 34 с.
49. Куприянова М. К. Общая фенология как наука // Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 16-17 марта 2006 г. – Екатеринбург, 2006. – Ч. 3. С.112-116.
50. Куприянова М.К., Кузнецова Т.И. Патриарх фенологии документальная повесть о выдающемся советском фенологе В.А. Батманове. Екатеринбург, 2010. 344 с.
51. Летопись природы Висимского государственного природного биосферного заповедника (1988-2008) гг.
52. Летопись природы государственного природного заповедника «Денежкин камень», 1995-2006 гг.
53. Мильков Ф.Н. Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. Воронеж: Изд-во Воронежск. Ун-та, 1981. 400 с.
54. Минин А.А. Фенология Русской равнины. Материалы и обобщения. М., 2000. 124 с
55. Михеев А.В. Биология птиц. Полевой определитель птичьих гнезд. Пособия для студентов пединститутов и учителей средних школ. М.: Топикал, 1996. 460 с.
56. Мошков Б.С. Актиноритмизм растений. М.: Агропромиздат, 1987. 272 с.
57. Неклюкова Н.П. Общее землеведение: учеб. для студ. высш. учеб. заведений по спец. «География». М.: Просвещение, 1975; 1976. 133с.
58. Окишева Л.Н. К методике исследования сезонных ритмов природы горных областей // Сезонная ритмика приро-

ды горных областей. Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982. с. 64–65.

59. Петрова Н.Н. География. Начальный курс. 6 кл.: учеб. для общеобразоват. учеб. заведений. 5-е изд., перераб.- М: Дрофа, 2002. 256с.

60. Примерные программы основного и среднего (полного) образования по географии, рекомендованные Минобрнауки РФ» от 07.07.05. г. № 03-1263.

61. Программы для общеобразовательных учреждений: География. 6-11 классы. Составитель Е.В. Овсянникова. – М.: Дрофа, 2009. 128с.

62. Подольский А.С. Фенологический прогноз (математический прогноз в экологии). М.: Колос, 1974. 287 с.

63. Полянский И. И. Сезонные явления в природе. 6 изд., Л., 1956. 134 с.

64. Ревякин В.С. География Алтайского края: учебник. 8, 9 кл. / гл. ред. А.Ю. Муравьев; науч. ред. В.А. Рассыпнов. Барнаул: Изд-во НП в области книгоиздания, науки и культуры «XXI век», 2004. - Ч. I. 192 с.

65. Рудский В.Г. Потеплел ли климат на земле?// Фенологические методы в научных исследованиях и школе: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А. Батманова, Екатеринбург, 16 декабря 2000 г. / Урал. гос. пед. ун-т; Отв. ред. М.К. Куприянова. – Екатеринбург, 2001. 82 с.

66. Рудский В.Г. Неделя за неделей. Календарь Томской области. Томск: Печатная мануфактура, 2002. 112 с.

67. Современное состояние фенологии и перспективы ее развития: материалы Всерос. науч.- практ. конф. г. Екатеринбург, 15-16 дек. 2010 г., посвящ. 110-летию со дня рождения совет. фенолога В. А. Батманова / Урал. гос. пед. ун-т, Геогр.- биол. фак. ; науч. ред. В. Г. Капустин, О. В. Янцер. Екатеринбург, 2010. 203 с.

68. Соловьев А.Н. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология. М.: Пасьва, 2005. 288 с.
69. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
70. Скок Н. В. Сезонное развитие березы в ландшафтных районах Среднего Урала // Географические исследования на Урале и проблемы методики обучения географии : сб. науч. тр. / Урал. гос. пед. ун-т ; науч. ред. В. Г. Капустин, И. Н. Корнев, С. Н. Поздняк. Екатеринбург, 2009. С. 75-85.
71. Скок Н. В. Использование описательного интегрального метода для выявления весенних фенологических различий в ландшафтных районах южной части гор Северного Урала // География и современные проблемы естественнонаучного познания : материалы Всерос. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 3-4 дек. 2009 г. / Урал. гос. пед. ун-т ; науч. ред. В. Г. Капустин.-Екатеринбург, 2009.- Ч. 1. С. 149-153.
72. Скок Н. В. Осенние фенологические различия между ландшафтными районами южной части гор Среднего Урала //Ландшафтные исследования на Урале : сб. науч. тр. / Свердлов. гос. пед. ин-т; отв. ред. В. И. Прокаев. Свердловск, 1985. С. 58-68.
73. Степанов В.А. Народные приметы о погоде. Календарь природы. Казань: Татарс. книжн. изд-во, 1997. 208 с.
74. Стрижев А.Н. Календарь русской природы. М.: Колос. 1993. 319 с.
75. 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.
76. Терентьева Е.Ю. Использование комплексных фенологических показателей растительных сообществ для оценки сезонной динамики растительности горных территорий

/Терентьева Е.Ю. // Александр Гумбольдт и исследования Урала. Материалы российско-германской конференции 20-21 июня 2002 года. – Екатеринбург. С.241-244.

77. Терентьева Е.Ю. Феномониторинг парка УрГПУ и модель феноклиматической периодизации весенне-летней части года // Региональные эколого-географические исследования и инновационные процессы в образовании: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Екатеринбург, 16–17 марта 2006г). Ч.3. / ГОУ ВПО Урал. гос. пед. ун-т, Екатеринбург, 2006. С. 131 – 140.

78. Харин, Н.Г., Кирильцева А.А., Грингоф И.Г. Сезонные явления природы. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1993. 136 с.

79. Шиголев А. А., Шиманюк А. П. Изучение сезонных явлений. М., 1962. 145 с.

80. Шульц Г.Э. Общая фенология: учебное пособие. Ленинград.: Наука. АН СССР, Географическое Общество СССР, 1981. 188 с.

81. Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети. Ленинград.: изд. «Наука», 1982. 223с.

82. Эфросман А.М. История календаря и хронология. К вопросу о происхождении нашего летоисчисления. М., 1984.187 с.

83. Янцер О.В. Выделение границ сезонов года в среднегорьях Северного Урала. //Исследования природных и социально-экономических систем Урала: матер. науч.-исслед. работ преподавателей, аспирантов и студентов географо-биологического факультета 2003-2004 гг. / Урал. гос. пед ун-т. Екатеринбург, 2004. С.124-131.

84. Янцер О.В. Весенние различия в развитии растительности на склонах различной солярной экспозиции в заповеднике «Денежкин Камень» //Успехи современного есте-

ствознания, №1, «Академия естествознания». Москва, 2005. С.77-79.

85. Янцер О.В. Применение количественных фенологических методов для изучения сезонной динамики ландшафтных геокомплексов//Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: межвуз. сб-к науч. трудов. / «Пермский государственный университет»- Пермь, 2006.С. 11-33.

86. Янцер О.В.Самостоятельные и практические работы по фенологии: учебно-методическое пособие для студентов географо-биологического факультета. Екатеринбург.: Урал. гос. пед. ун-т, 2007. 46 с.

87. Янцер О. В. Лабораторный практикум по фенологии: учеб.- метод. пособие для студентов геогр.- биол. фак. Урал. гос. пед. ун-т. Екатеринбург, 2007. 64 с.

88. Beerling D.J., Woodward F.I. The climate change experiment (CLIMEX): Phenology and gas exchange responses of boreal vegetation to global change // Glob. Ecol. And Biogeogr. Lett/ - 1994 - №1 с.17-26 – англ.

89. Kramer K. Phenotypic plasticity of the phenology of seven European tree species in relation to climatic warming // Plant, Cell and Enviroment – 1995 - №2 – с.93-104 – англ.

90. Lechowics M.J., Koike T. Phenology and seasonality of woody plants: An unappreciated element in global change research // Can. J. Bot. 1995. №2. pp. 147-148. англ.

91. Fitter A.H., Fitter R.S.R. Rapid changes in flowering time in British plants/Science. 2002. V. 296, № 5573. P. 1689–1691.

Ресурсы удаленного доступа:

1. <http://bse.sci-lib.com/article006975.html>
2. <http://www.unnat.ru/calendar/fenology.htm>
3. <http://www.ecosystema.ru>
4. <http://www.dtdm.tomsk.ru/pheno/>
5. <http://натуралисты.рф/>
6. <http://www.unesco.kz/education/>

7. <http://window.edu.ru/window/library>

Общая фенология и методы фенологических исследований

Учебное пособие для студентов географо-биологического факультета

Подписано в печать 28.03.2013 г. Формат 60×84 1/16
Бумага для множительных аппаратов. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 13,3. Тираж 100 экз. Заказ

Оригинал-макет отпечатан в отделе множительной техники
Уральского государственного педагогического университета
620217, просп. Космонавтов, 26
E-mail: USPU @ DIALUP.UTK.RU