
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

ИОНЦ «Экология и природопользование»

биологический факультет

кафедра экологии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ФЕНОМОНИТОРИНГА

ЛЕКЦИИ

**Екатеринбург
2008**

ЛЕКЦИЯ 1.

РАЗДЕЛ I. ФЕНОЛОГИЯ КАК НАУКА. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФЕНОЛОГИИ.

1 Определение фенологии и её значение для народного хозяйства

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

Система знаний о сезонных явлениях природы о сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки, называется фенологией. Термин «фенология» был предложен в середине 19 века бельгийским ботаником Ш. Морраном, и несмотря на то, что, по мнению многих фенологов, филологически является не вполне удачным, прижился и употребляется и по сей день. Дословный перевод с греческого: «phainomena» - явление, «логос» - наука, изучаю, т.е «фенология» - наука о явлениях.

Определений фенологий много. Одно из наиболее развёрнутых было дано известным советским фенологом А.И. Руденко 1957г на первом Всесоюзном фенологическом совещании, проходившем в Ленинграде: «фенология – наука, изучающая закономерности сезонного развития растительного и животного мира, а также явлений неорганической природы, в их взаимосвязи и взаимодействии». Однако на современном этапе бурной дифференциации и интеграции наук фенология, с одной стороны, дробится на части, которые логичней считать разделами других фундаментальных наук естественного цикла: фенология растений (ботаника), фенология животных (зоология), сезонные изменения гидрологических и

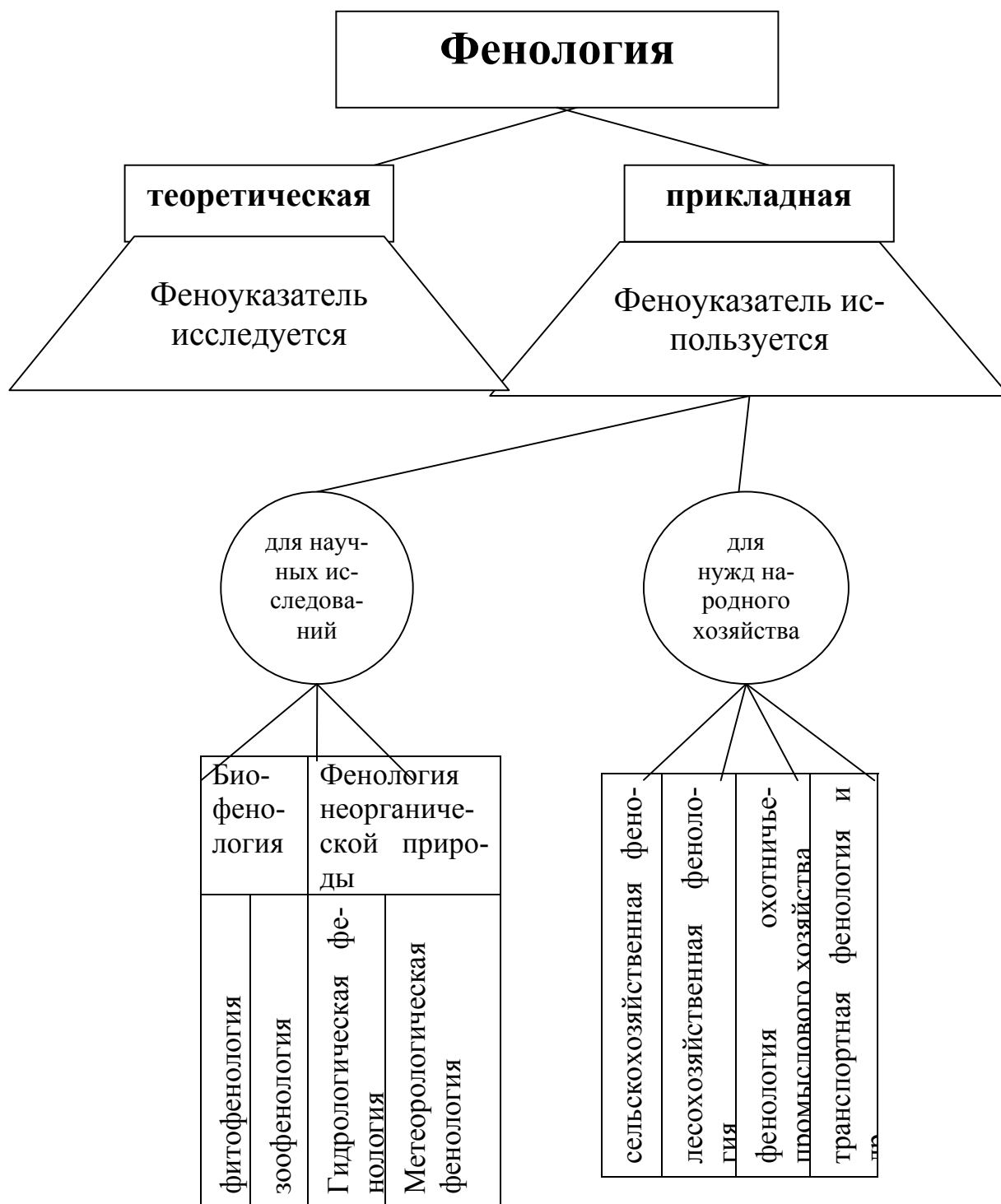


Рис.1 Структура фенологии (по В. А. Батманову)

метеорологических процессов (гидрология метеорология) и т.д. С другой стороны, заметны тенденции отнести фенологию к физической географии определяя её как учение о сезонной динамики ландшафтов, ограждая таким образом от притязания всех остальных наук. При том и другом подходах фенология не имеет собственного объекта изучения, а стало быть, не может претендовать на научную самостоятельность

Давая определение фенологии, можно углядеть определённую аналогию с экологией. Так, на схеме одного из основоположников отечественной экологии Н.Ф. Реймерса (1994), показывающей структуру современной экологии, можно насчитать более 80 экологий. Если составить аналогичную схему для фенологии, то фенологий будет не меньше. Каждая экология и фенология имеет свой объект изучения. Экологи изучают у этих объектов взаимосвязи и взаимодействия с окружающей средой, а фенологи – сезонное развитие этих объектов.

При таком положении заслуживает внимание оригинальный взгляд на фенологию её структуру, известного уральского фенолога В.А. Батманова (см. схему рис.1). Все исследования, связанные с изучением сезонного развития самых различных объектов, он делит на теоретическую фенологию и прикладную. Под первой В.А.Батманов понимает учение о фенологических методах, или систему знаний о феноуказателях – «приборах особого рода», главной задачей которых является измерение сезонных процессов. Это то общее, что объединяет конгломерат самых различных научных дисциплин и разделов наук, занимающихся изучением сезонного развития объектов природы.

Все остальное В.А. Батманов относит к прикладной фенологии. Таким образом, сюда включается то богатое и разнообразное содержание, которое получают специалисты самых разных профилей, проводя исследования фенологическими методами. В зависимости от целей исследования прикладная фенология делится по разделам знаний (ландшафтная фенология, зоофенология, фитофенология, гидрофенология, медицинская фенология и т.д.) и отраслям народного хозяйства

(сельскохозяйственная и лесная фенология, фенология промысловых и охотничьих животных и пр.).

Последним определяется практическое значение фенологических наблюдений. Остановимся на данном вопросе подробнее. Научное ведение *сельского хозяйства* на современном уровне невозможно без правильного планирования сроков основных земледельческих и животноводческих работ. Начало времени посева, прореживания, прополки, окучивания, полива, внесения удобрений, сенокоса, отгона скота и других работ, требующих мобилизации рабочей силы и технической подготовки, настоящий руководитель никогда не будет выбирать по гражданскому календарю. Он будет ориентироваться в природной обстановке в зависимости от фенологических особенностей года. «Год на год не приходится», - говорят фенологи. Действительно, разница между самой ранней и самой поздней датами начала зацветания вишни в японском городе Киото за 10 веков наблюдений составила 46 дней (27 марта и 12 мая). Более короткие фенологические ряды обнаруживают, как правило, меньшую погодичную изменчивость. Но наблюдения за несколькими десятками лет обычно оценивают ее по большинству явлений уже в пределах месяца.

Разобраться в сезонном развитии природы конкретного года работникам сельского хозяйства помогают яркие, заметные сезонные явления – феноиндикаторы, наступление которых должно восприниматься как сигнал к началу работ определенного вида. Например, установлено, что под Москвой лучший срок посева ранней моркови, свеклы, репы, гороха и овса совпадает с началом пыления осины; посадка огурцов – с зацветанием сирени. Под Санкт-Петербургом посев овса на сухих участках должен совпадать с пылением осины или массовым цветением мать-и-мачехи. Более поздняя посадка (даже на 5 дней) понижает урожай в целом на 10 %. На среднем Урале наступление условий, необходимых для посадки картофеля и посева кукурузы в связи с устойчивым прогреванием почвы на значительную глубину, совпадает с началом цветения черемухи.

Знать особенности сезонного развития различных сортов сельскохозяйственных культур совершенно необходимо для их правильного размещения даже на малых площадях, не говоря уже о территории в масштабе всей страны. Например, известно, что на Среднем Урале в низинах заморозки начинаются раньше, а заканчиваются позже, чем на склонах. Поэтому в низинах надо сажать и сеять культуры и сорта скороспелые, морозоустойчивые, с коротким вегетационным периодом, а на невысоких пологосклонных увалах и холмах – напротив, более требовательные к теплу.

Борьба с насекомыми-вредителями требует знания фенологии как самих культурных растений, так и их вредителей. Например, по наблюдениям ленинградских огородников, мелкие жучки листоблошки наибольший вред посевам репы и брюквы наносят при средних сроках сева. При раннем севе растения успевают окрепнуть до массового размножения листоблошек, а при позднем – развиваются уже после главного периода питания этих насекомых и не терпят большого урона. От многих вредителей нельзя избавиться только передвижением срока посева – необходимо их физическое уничтожение. Фенологи, зная этапы сезонного развития вредителя, могут подсказать тот период, часто очень короткий, когда борьба с ними будет наиболее эффективной.

В отгонно-пастбищном животноводстве фенологические сведения о сезонном развитии травостоя на горных пастбищах определяют сроки перегонов скота. Фенологические наблюдения помогают правильно определить сроки сенокоса. Так, известно, что сенокос в начале цветения луговых трав и начале образования семян дает урожай больше, чем во время полного отцветания. Качество сена выше при раннем сенокосе.

В развитых странах, в частности в США, фенологические сведения являются предметом бизнеса. Фермеры ежегодно покупают сводки с прогнозом развития сельскохозяйственных культур.

Лесная фенология *для лесного хозяйства* имеет такое же значение, как сельскохозяйственная – для сельского. Календарь лесокультурных работ строится на базе сезонных ритмов лесных фитоценозов. Выявлены интересные зависимости. Например, А.В. Тюриным для европейской части СССР определены лучшие сроки для проведения лесокультурных мероприятий от начала зацветания ольхи или лещины до начала цветения березы. С ними сопоставлялись фенофазы самых различных растений с гидротермическим режимом, характерным для времени их прохождения. Лесники получили возможность без сложных инструментальных метеорологических и гидрологических измерений определять оптимальный период проведения лесокультурных работ и какой-то мере его прогнозировать. Для сбора семян лесных пород необходимы сведения об их созревании в разных природных зонах и различных экологических условиях, нужны прогнозы на урожай. Немаловажное значение имеют фенологические наблюдения для организации сбора грибов и ягод.

В *охотничье-промысловом хозяйстве* с помощью фенологических наблюдений можно проверить, верны ли устанавливаемые каждый год сроки охоты для данного района, не назначаются ли они весной слишком рано, когда дичь еще не прилетела, или, наоборот, слишком поздно и захватывают гнездящуюся птицу; осенью – не открывается ли охота, когда молодняк дичи еще не совсем окреп, а пушной зверь не окончил линьку. В строгой зависимости от хода сезонного замерзания водоемов и сезонных миграций рыбы планирует и проводит лов рыболовецкий флот. «Зеленое строительство» при интенсивном росте наших городов нуждается в научно обоснованных фенологических сведениях для создания постоянно красочных аспектов в садах и парках. Больших успехов в этом отношении достигли южные города-курорты.

Медицинская фенология изучает сезонное развитие переносчиков болезней (малярийного комара, клещей, грызунов и пр.). Многие из них опасны в определенные этапы развития. Проводимые параллельно с изучением переносчиков бо-

лезней фенологические наблюдения иногда помогают установить неожиданные корреляционные зависимости, позволяющие своевременно провести профилактические мероприятия. Так, в Институте географии Сибири и Дальнего Востока фенологами была установлена связь между количеством клещей и сроками опадания листьев некоторых кустарников в предыдущем году. Знание фенологии лекарственных растений дает возможность проводить их сбор в то время, когда они обладают максимальной целебной силой.

Когда объектом фенологических исследований являются организмы и их сообщества, а фенологические факты используются 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, фенология, именуемая общей фенологией, выступает как раздел наук географических. Общая фенология продолжает изучать фенолого-пространственные и фенолого-временные закономерности, но в последнее время центр тяжести перемещается к анализу взаимоотношений и взаимосвязей между частными абиотическими и биотическими сезонными процессами как элементами структуры геосистем разных рангов. В настоящей книге автор стремился представить современное состояние общей фенологии. В силу выдающейся роли живой природы в важнейших для человека геосистемах в книге будут затрагиваться и вопросы биофенологии в той степени, в какой это необходимо для понимания сезонной динамики геосистем.

По классификации геосистем В. Б. Сочавы (1978), различаются следующие порядки размерности исследований по общей фенологии: планетарный, континентальный, региональный и топологический. На планетарном порядке размерности объектом исследований является вся географическая оболочка (биосфера) земного шара. Задачу изучения сезонных пульсаций биосферы поставил В. И. Вернадский (1926, 1967). К работам планетарной размерности относятся немногочисленные

пока фенологические карты мира. Континентальной размерностью являются фенологические исследования территории континентов, субконтинентов, физико-географических поясов. К этой размерности следует отнести фенологические исследования, в частности карты, охватывающие территорию Советского Союза или отдельно европейскую и азиатскую его части, территорию содружества социалистических стран Европы, стран Центральной Европы, США и т.д. К региональной размерности относятся исследования территорий географических провинций и их групп и физико-географических областей: большинство работ по сезонной ритмике природы, многие краевые, областные, республиканские фенологические и агрометеорологические справочники и карты, фенологические исследования и материалы отдельных европейских и азиатских государств и штатов США. К топологической размерности относятся труды по фенологии отдельных ландшафтов и их групп, а также по фенологии отдельных частей ландшафтов – урочищ и фаций. Это - фенологические разделы характеристик ландшафтов, календари природы отдельных географических пунктов, заповедников, научных стационаров, ботанических садов, парков и т. п.

2 Краткая историческая справка о развитии фенологии.

Зарождение элементов наблюдения за сезонным развитием природы уходит своими корнями в глубокую древность. Можно без преувеличения сказать, что человек начал проводить фенологические наблюдения, естественно, не осознавая этого, с тех пор как почувствовал себя человеком. Жизнь его тогда была связана с природой особенно тесно. До возникновения календарного летоисчисления время измерялось течением сезонных процессов. Сроки начала охоты, посева, сбора лекарственных трав связывались с определенными сигналами – феноуказателями. Например, американские индейцы до прихода на материк европейцев определяли время посева кукурузы по достижению листьями американского белого дуба величины «беличьих ушек».

Веками накапливался народный опыт в стихийном изучении природы, в отыскании связей между различными сезонными явлениями. Наблюдаемое облекалось в форму пословиц и примет: «Если с деревьев лист чисто облетает, будет теплая зима», «Грачи сели на гнезда – через три недели выходить на посев», «Окунь клюет, когда шиповник цветет», «Если из березы течет много соку, то лето ожидается дождливым», «Птицы выют гнезда на солнечной стороне – к холодному лету» и множество других.

Основоположниками научной фенологии, хотя она в это время так еще не называлась, можно считать французского ученого Р. Реомюра (1683-1757) и великого шведского естествоиспытателя К. Линнея (1707-1778). Первый провел параллельные наблюдения над ходом созревания зерновых культур и ходом температур, положив этим начало учению о суммах температур. Второй организовал на территории скандинавских стран первую фенологическую сеть с четкой задачей: охарактеризовать климатические особенности различных географических районов с помощью постоянных фенологических наблюдений. Сеть просуществовала не долго, но инициатива Линнея не была оставлена без внимания. В странах Западной Европы со второй половины XVIII в. многие исследователи начали вести систематические записи фенологических наблюдений.

В России до зарождения научной фенологии первые официальные фенологические наблюдения стали проводиться по указу Петра I. В 1721г. он предложил А. Меньшикову присылать ему из разных окрестностей строящегося тогда Петербурга веточки распускающихся деревьев «с надписанием чисел, дабы узнать, где раньше началась весна».

Интересно отметить, что Пышминский завод на Урале в XVIII в. был одним из трех пунктов в России, кроме Москвы и Петербурга, где по инструкциям Мангеймского метеорологического общества, поддерживавшего почин К. Линнея по созданию обширной фенологической сети, проводились фенологические наблюдения. За 1770 и 1791 гг. они были опубликованы в отчетах общества. Но как ши-

рокое общественное явление фенологические наблюдения на Урале развернулись значительно 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 на 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. Период ее расцвета на 15 лет опередил создание массовой фенологической сети добровольных корреспондентов на территории европейской части России. Организатором последней был один из крупнейших дореволюционных фенологов Д.Н. Кайгородов (1846-1924). Материалы кайгородовского архива, включающие наблюдения за 1895-1923 гг., позволили выявить основные географические закономерности хода весны для Русской равнины. Первая же уральская сеть прекратила свое существование к 1902 г. Собранные материалы в значительной степени остались не обработанными.

В первой половине XX в. помимо значения фенологии для прикладных целей было обосновано её значение для биологических наук, особенно для вновь развивающейся её ветви – биоценологии, изучающей жизнедеятельность растительных и животных сообществ. Взаимосвязи между компонентами сообществ могут быть поняты только в их сезонной динамике. 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. Стеляниновым и их учениками. За рубежом следует выделить агрометеорологов Дж. Ацци (Италия), Н. Т. Натансона (США), Ф. Шнелле (ФРГ). В Германии долгие годы с успехом развивал уче-

ние о фенолого-географических закономерностях Э. Ине. Аналогичную работу в США проделал А. Гопкинс, автор биоклиматического закона» (Hopkins, 1938).

Продолжалось развитие фенологии и в послевоенные годы. В СССР возник ряд новых ведомственных фенологических сетей. Возрождение массовой сети добровольных корреспондентов-фенологов на Урале уже при советской власти (в конце двадцатых годов) и связано с именем Владимира Алексеевича Батманова. В тридцатые годы сеть охватывала около 1000 наблюдателей и составляла 60 % от общесоюзной. Отдельные корреспонденты посылали свою информацию вплоть до 1950 г. Обобщение материалов позволило В.А. Батманову уже в 1934 г. составить оригинальную биоклиматическую карту «Весеннее развитие растительности» для огромной тогда Уральской области, охватывающей территории современных Свердловской, Пермской, Челябинской, Тюменской областей и Башкирии. На карте выделены трехдневные биоклиматические зоны, характеризующиеся определенной величиной фенологического указателя местности, представляющего собой среднюю дату из семи наиболее известных весенних явлений.

3 Современное состояние фенологической науки.

В настоящее время добровольной фенологической сетью в масштабе страны занимается Географическое общество, его фенологический сектор. Кроме того, фенологические исследования проводят самые различные научно-исследовательские учреждения и организации, главным образом, биологического и физико-географического профилей. Это ботанические сады, питомники, сельскохозяйственные и агрономические станции, охотхозяйства, исследовательские стационары природных парков, высшие учебные заведения. Обязательными являются фенологические наблюдения в заповедниках, по их результатам заполняются ежегодные «Летописи природы». На основании обобщения материалов, собранных сетями корреспондентов-фенологов, а также специальных исследователей к

настоящему времени выявлены в общих чертах основные закономерности сезонной динамики природы умеренного пояса.

Опыт организации фенологических наблюдений в Центральной России в последние годы и научных исследований с использованием массовой многолетней фенологической информации позволяет сделать определённые выводы и сформулировать ряд проблем современной фенологической науки.

Конечно, прошедшее «реформенное» десятилетие стало нелёгким испытанием для добровольной сети. Многие пожилые корреспонденты прекратили наблюдения по состоянию здоровья. Не смотря на это, у корреспондентов на местах есть желание продолжать наблюдения за сезонной жизнью природы. Постепенно возрастает количество пунктов наблюдений, в том числе и из не входящих в сферу МЦ РГО субъектов федерации (Архангельская, Свердловская, Челябинская области, республика Татарстан).

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 фенологические данные позволяют давать прямые ответы на многие вопросы в рамках обсуждения данной проблемы относительно биологической составляющей биосферы. Подтверждением этому выводу может служить включение раздела «Разработка проекта и создание подсистемы сбора, обобщение и анализа фенологических, дендрохронологических и лишенологических данных, характеризующих антропогенные изменения биотического компонента климатической системы» в Федеральную целевую программу «Предотвращение опасных изменений климата и их отрицательных последствий», а также раздела «... оценка последствий климатических изменений для лесных экосистем Русской равнины по данным массовых многолетних фенологических наблюдений» в Подпрограмму «Глобальные изменения природной среды и климата» Миннауки.

В 2000 году WWF проводил конкурс среди заповедников по обобщению и анализу многолетних рядов климато-фенологической информации. В Минприроды разрабатывается современная концепция развития науки в заповедниках, включая и перспективы использования материалов «Летописи природы», основу которых составляют данные фенологических наблюдений. В «Экологический атлас Москвы» (2000) вошли картосхемы средних сроков начала некоторых событий в Подмосковье за последние 30 лет.

Ещё одно важное направление по пути расширения сети корреспондентов, повышения эффективности наблюдений и использования информации — внедрение фенологических наблюдений в практику преподавания природоведческих дисциплин школ и вузов. Конечно, и сейчас основу сети составляют школьные, юннатские коллективы. Но далеко не везде практикуются выходы «на природу». Заинтересовать учащихся, сделать для них привлекательными такие наблюдения — одна из главных задач в решении данной проблемы. Большое значение в этом направлении может сыграть использование компьютерных технологий Интернет. Нами предполагается разработка соответствующего сайта в Интернет с использованием ГИС-основ, существующих методических разработок.

В определённой степени использование Интернет позволит решить извечную проблему объединения корреспондентов, обеспечения доступности и обмена информацией. Пока ещё мы разделены, в отличие от природы, и живём в научном плане обособленно. Этому обособлению способствовали и объективные причины, связанные с известными общественными событиями последнего десятилетия в нашей стране. Но оценка происходящих изменений в природе требует обобщения и анализа максимума информации по разным регионам. Кроме того, значительная часть материалов наблюдений у корреспондентов или в архивах РГО хранится в рукописном виде, её обработка и использование затруднены. Было бы весьма полезно подумать о возможностях вовлечения этих данных в научные разработки (может быть, аккумулировать её в региональных центрах, заносить по единой

схеме на магнитные носители и т.д., как это делается в настоящее время с материалами «Летописи природы» ООПТ).

Систематизация и привлечение имеющихся данных, расширение сети, позволяет фенологам участвовать в международных и региональных программах, а также выступать с инициативными проектами в регионе, на федеральном и международном уровнях по вопросам оценки изменений в состоянии природной среды, участвовать в экологической экспертизе, в разработках ОВОС

По мнению некоторых специалистов, назрела необходимость создания федеральной общественной организации «Фенологическое общество России». Именно она могла бы на федеральном и международном уровнях представлять интересы фенологов России, организовывать конференции и встречи, публикации книг и сборников; координировать деятельность корреспондентов, помогать в обработке и анализе материалов, осуществлять поддержку региональных проектов, отстаивать интересы фенологов и их объединений на местах.

Целям объединения и профессионального общения в значительной степени способствовал бы выпуск научно-популярного журнала под условным названием «Летопись природы». Он мог бы стать связующим печатным органом как организаций, так и фенологов, на страницах которого можно обсуждать вопросы методики и организации фенологических наблюдений, результаты научных исследований, представлять материалы конференций и практических наблюдений на садовом участке, публиковать материалы в помощь преподавателям и учащимся при освоении природоведческих дисциплин и т.д. На первых порах журнал может выходить даже раз в квартал. Несомненно, что многие школы, заповедники, энтузиасты-краеведы были бы заинтересованы в получении такого журнала.

К сожалению, фенологической литературы в последнее время публикуется совсем немного, и почти все они издаются небольшим тиражом и недоступны для массового читателя. Последние крупные работы вышли более 10 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 2000г в Москве вышла в свет книга Александра Минина «Фенология Русской равнины: материалы и обобщения», содержащая обширный и разноплановый анализ многолетних фенологических материалов. Одновременно в Екатеринбург изданы «Фенологические наблюдения во внеклассной краеведческой работе» (Куприянова и др., 2000г). Хотя 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. (полезна и студентам)

4 Уральский фенолог В.А. Батманов и его роль в развитии фенологии

Как указывается выше, на Урале большую роль в развитии общественного фенологического движения сыграл В.А. Батманов, страстный натуралист, человек, не имеющий законченного высшего образования, но достигший, благодаря своей необыкновенной работоспособности и трудолюбию, природной одаренности и самобытности мышления вершин научного творчества.

Не сразу В.А. Батманов стал фенологом, хотя интерес к природе у него с раннего детства. Он родился 11 декабря 1900 г. в г. Екатеринбурге в семье народо-вольцев. Его отец, А. Н. Батманов, в 1884 г. был арестован за политическую деятельность и выслан на 5 лет из Петербурга в Архангельскую губернию без права после окончания ссылки занимать какие-либо государственные должности. По приезде в Екатеринбург он смог через некоторое время открыть нотариальную контору, что дало возможность обеспечивать выросшую до 8 человек семью. В семье Батмановых всегда господствовал дух взаимопонимания, поддерживалась

тяга к знаниям, любовь к природе. Книги были постоянными спутниками всех членов семьи, независимо от возраста.

Первое научное увлечение Владимира Алексеевича – энтомология. В реальном училище он был членом энтомологического кружка, собирал огромные коллекции насекомых: только за 1918 г. было собрано и определено около 18 тысяч экз. насекомых. В отличие от своих товарищей, которых манило все яркое и необычное, будущий фенолог искал интересное и новое в самых простых и обыденных вещах.

Фенологические наблюдения В.А. Батманов начал вести с 13 лет. С годами программа наблюдений расширялась. К 1924 г. относится его попытка связаться с другими фенологами – сначала с членами фенологического отдела Русского общества любителей мироеведения, а затем с фенологическим сектором Центрально бюро краеведения. В конце 20-х гг. небольшая группа энтузиастов во главе с В.А.Батмановым почти на общественных началах проводит поистине титаническую работу по созданию массовой добровольной сети корреспондентов-фенологов на Урале.

Огромный фактический материал, собранный этой сетью, стал основой для создания целого ряда карт. В.А. Батманов становится крупным специалистом фенологического картографирования. Им созданы 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», считается непревзойденной по математической обоснованности и объему информации. В.А. Батманов не только автор многих фенокарт, но, что особенно ценно, создатель новой методики фенологического картографирования.

Однако особенно велики заслуги В.А. Батманова в разработке методики самих фенологических наблюдений. Теоретически обосновав и усовершенствовав старые методы, а также создав ряд новых, он разработал стройное учение о методике фенологического наблюдения. Он преодолел консерватизм в подходе к су-

ществу фенологического наблюдения. Раньше единственной целью и конечным результатом такого наблюдения было установление даты наступления конкретного сезонного явления на определенной территории. В.А. Батманов в число и равнозначных задач для 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 установить динамику сезонных процессов во времени целиком, а не одну - две точки, как было при старом подходе. Полученные данные хорошо поддаются математической обработке.

В последние годы жизни, будучи уже тяжело больным человеком, Владимир Алексеевич не оставлял своей работы. У него по-прежнему рождались новые плодотворные идеи. В конце семидесятых годов были сделаны наброски статьи о планетарной фенологии, в которой он наметил путь унификации фенологических наблюдений в масштабе всей планеты для получения сравнительных данных во всех географических поясах и зонах; открыта «вторая скорость развития», расширяющая область фенологических исследований.

До последних дней он продолжал вести подробнейший хронометраж (с точностью до 5 минут) своей жизни. Эти уникальные записи позволили ему выявить 6-летний жизненный ритм и 9-месячные волны подъема и спада своей работоспособности, что очень помогало при планировании работы.

Научное наследие В.А. Батманова составляют около сотни опубликованных работ, много рукописных материалов; огромный интерес представляют личные дневники с фенологическими наблюдениями (за одну экскурсию в природу он проводил наблюдения примерно за тысячью объектами). Изданы замечательные научно-популярные книги: «Календарь природы г. Свердловска и окрестностей» (1952), «О том, что не каждый знает» (1958), «Фенологические наблюдения в походе» (1961) и др. В 1980г. Владимир Алексеевич скончался, так и не закончив своего фундаментального обобщающего труда по фенологии, в котором была бы

собрана воедино россыпь его оригинальных мыслей и идей, рассредоточенных в настоящее время по разным, часто очень небольшим и малоизвестным изданиям.

Используемая литература.

Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992

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 - Екатеринбург, Банк к5ультурной информации, 2000

Куприянова М.К., В.А.Батманов – основатель нового направления в фенологии / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 8 – 17с

Минин А.А. Опыт и перспективы фенологических наблюдений / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 22 – 24с

ЛЕКЦИЯ 2

РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.

Тема 1. ОСНОВЫ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В фенологии сезонная динамика геосистем обычно учитывается с помощью фенологических наблюдений, т. е. записей дат (число, месяц, год) наступления сезонных явлений природы в определённых географических пунктах. При характеристике сезонной динамики геосистем используются широко распространённые, чётко проявляющиеся, легко и точно наблюдаемые сезонные явления различных компонентов геосистем, не требующие для своей регистрации специальной аппаратуры. Этим общая фенология отличается от частных географических дисциплин (метеорологии, гидрологии, биогеографии), изучающих сезонную динамику отдельных компонентов географической оболочки с применением специальной аппаратуры.

Примерами сезонных явлений, используемых при изучении *сезонной динамики геосистем*, служат:

в атмосфере – первые и последние весенние заморозки, повредившие теплолюбивые растения; первый и последний снегопады; первый морозный день, лёд на лужах в тени днём не оттаял; первый и последний дождь (в аридных областях); появление первых и последних типичных кучевых облаков; первая и последняя грозы, зарницы;

в гидросфере озёра и пруды: замерзание осенью и вскрытие весной, т. е. появление первых закраин, первой полыньи; полное очищение водоёма ото льда; реки: первая подвижка льда весной; начало и конец сплошного ледохода; ледостав;

возможность перехода или переезда по льду на лошадях, машинах через реку, озеро или болото; разрушение зимних путей через водоёмы;

на поверхности почвы – установление и разрушение снежного покрова, отдельно – на открытых местах, в лесу, в оврагах; заморозки перед установлением снежного покрова и после стаивания снега; первый и последний иней; весеннее просыхание почвы до мягкопластичного состояния;

в литосфере – первые и последние за сезон различимые невооружённым глазом проявления эрозионной и аккумуляционной деятельности, в горных ландшафтах – даты схода селей, лавин и др.;

в биосфере – многообразные проявления жизнедеятельности отдельных видов организмов и их сообществ.

Сезонные явления в мире растений

Цикл сезонного развития растений состоит из закономерно сменяющих друг друга морфологически различных этапов. Каждый из таких этапов называется сезонной, или *фенологической, фазой* развития. Системы фенологических фаз в зависимости от поставленной задачи разработаны с различной степенью дробности. При фенологических наблюдениях над геосистемами используется обычно следующая, относительно простая система фитофенологических фаз, наблюдаемых у наиболее заметных представителей местной растительности:

- 1) начало весеннего сокодвижения (наблюдается у кленов, берёз, винограда);
- 2) всходы (однолетних видов, в частности сельскохозяйственных культур);
- 3) начало распускания почек;
- 4) начало облиствения;
- 5) начало и конец цветения;

- 6) начало созревания плодов;
- 7) начало рассеивания плодов или семян;
- 8) начало осеннего отмирания листьев (у листопадных и летнезелёных растений);
- 9) начало осеннего листопада;
- 10) полное осеннее расцветчивание листьев;
- 11) конец листопада.

Нередко желательна оценка интенсивности цветения и урожая семян и плодов. Точные количественные методы учёта интенсивности цветения и урожая семян и плодов излагаются в специальных руководствах. Для общей глазомерной оценки урожая рекомендуется шкала Капера-Формозова.

- 0 – зрелых плодов не встречается совершенно;
- 1 – немногочисленные плоды на редких растениях; огромная часть растений данного вида без плодов или без зрелых плодов;
- 2 – слабый урожай плодов небольшими участками; на большинстве растений данного вида нет плодов вовсе или они не дозрели;
- 3 – хороший урожай плодов на небольших участках; большинство растений со слабым урожаем; имеются значительные неурожайные площади;
- 4 – хороший урожай плодов на многих участках; слабо урожайных и неурожайных площадей немного;
- 5 – обильный урожай плодов на многих участках; на остальных участках – урожай средний; неурожайные площади редки.

Аналогичным путем может быть составлена и шкала интенсивности цветения.

К сезонным явлениям растительного мира относятся также случаи повреждения или гибели тех или иных видов растений от вредных воздействий: от весенних и осенних заморозков, от засухи, от паразитарных заболеваний или животных-вредителей.

Индикаторами силы осенних заморозков служат сельскохозяйственные культуры: картофель, помидоры, огурцы, на юге – хлопчатник, клещевина, а также и декоративные виды: георгины, шалфей блестящий, бархатцы, на юге – кан- ны. Для каждого вида отмечаются первые повреждения и полная гибель растений данного вида от заморозков.

Для низших споровых при геосистемных фенологических наблюдениях отмечаются сезонные явления наиболее широко распространенных и имеющих промысловое значение шляпочных грибов (белый гриб, подосиновик, подберезовик, масленок, волнушка, груздь, опенок осенний): появление первых единичных грибов; начало промыслового сбора (при наличии нескольких слоев за сезон наступления каждого из них отмечается отдельно); конец промыслового сбора. Развитие грибов паразитирующих на высших растениях (мучнисторосных, ржавчинных, головневых и т. п.), отмечается в тех случаях, когда они появляются на пораженной растительности.

Сезонные явления в мире животных

Сезонные явления в мире животных очень разнообразны и специфичны для каждого класса. Как правило, они менее доступны для наблюдения, чем в мире растений, в первую очередь в силу подвижности и скрытности образа жизни животных. Относительно легки наблюдения над видами, встречающимися в массовых количествах и нередко называемыми «фоновыми»: птицы во время перелетов, рыбы при массовом их отлове, лягушки, насекомые, например пчелы, комары, фоновые виды бабочек, жуков и т. п. Для таких видов сроки наступления отдельных явлений у всей популяции геосистемы могут быть установлены достаточно точно.

Основные сезонные явления у млекопитающих – весенние и осенние линьки, спаривание, появление молодняка, начало и конец сезонных перекочевок, у видов с зимней спячкой – залегание в спячку осенью и пробуждение весной, у ло-

сей, косуль, оленей – смена рогов. Лишь немногие из этих явлений имеют массовый характер. К ним относятся весеннее пробуждение и залегание в спячку осенью сусликов, некоторых видов сурков, на юге – песчанок. На севере отмечаются сезонные миграции леммингов.

Разнообразны сезонные явления у птиц. По образу жизни они разделяются на оседлых и перелетных. Перелетные птицы делятся на гнездящихся в данной местности, пролетных и зимующих. В жизни птиц можно наблюдать следующие явления.

Отлёт зимующих птиц; в средней полосе СССР весной следует записывать последние встречи снегирей, свиристелей; на побережьях Каспийского и Чёрного морей отмечаются даты отлёта на север последних зимовавших здесь водоплавающих птиц.

Начало весеннего пролёта; отмечаются первые и последние стаи гусей, уток, журавлей, пролетающих на север.

Прилёт гнездящихся птиц; записывать следует проявление первых птиц, а затем и их валовой прилёт на свои гнездовья; в средней полосе – грачи, скворцы, ласточки, стрижи и др.

Первая весенняя песнь или крик: у жаворонка, кукушки, соловья, коростеля и др.

Начало токования: у вальдшнепов (тяги), глухарей, тетеревов.

Труднее точно отметить: начало кладки яиц, вылупление птенцов (родители начали носить корм птенцам), поднятие на крыло молодых, отлёт подросших молодых от гнёзд, осенний сбор в стаи (грачи, скворцы, ласточки, стрижи).

Осенний отлёт; рекомендуется отмечать в дневнике все летящие на юг стаи птиц: начало пролёта, массовый пролёт и конец пролёта.

Появление зимующих птиц.

Для пресмыкающихся (черепах, змей, ящериц) характерна зимняя спячка; размножаются они откладкой яиц (за исключением живородящей ящерицы). Об-

раз жизни пресмыкающихся скрытен, поэтому сезонные явления жизни пресмыкающихся редко используется при характеристике сезонной динамики геосистем. Некоторое значение они приобретают в южных областях СССР, где пресмыкающихся относительно больше.

Зимняя спячка характерна также для земноводных (лягушки, жабы, тритоны). В их жизни отмечаются: первое появление ожившего животного, начало квакания у лягушек, икрометания.

Рыбы по образу жизни делятся на морских – живущих только в морях, пресноводных – только в реках, озёрах, прудах, и проходных – живущих в морях, но для икрометания в определённые сезоны заходящих в реки. У рыб отмечаются: начало нереста, начало массового хода (для проходных и нерестящихся в береговых нерестилищах видов), начало массового лова (для промысловых рыб).

Эти данные используются при характеристике сезонной динамики прибрежных геосистем.

Большую роль во внутриландшафтной сезонной динамике играют бесчисленные виды беспозвоночных животных (простейшие, черви, моллюски), насекомые и другие членистоногие (ракообразные и паукообразные). Большинство видов беспозвоночных ведёт скрытый образ жизни и определение многих их групп доступно только специалистам. Вот почему для наблюдений, характеризующих динамику геосистем, используются лишь особо широко распространённые общеизвестные, так называемые «фоновые» виды беспозвоночных. Все беспозвоночные – холоднокровные животные. Зимой они впадают в оцепенение, весной отмечается их оживление, а осенью – исчезновение. Беспозвоночным свойственна смена сезонных фаз развития. Размножаются они откладкой яиц. У насекомых из яиц развиваются личинки (у бабочек – гусеницы), из личинок – куколки (у насекомых – с полным превращением), из куколок – взрослые особи (имагинальная фаза). У остальных беспозвоночных также наблюдается личиночная фаза, но фаза куколки отсутствует.

Для характеристики сезонной динамики используются 3 группы сезонных явлений жизни насекомых и других классов беспозвоночных.

1. Индикационные явления свидетельствующие о наступлении определённых этапов годового круга природы: первое появление гренландских мух, ярких весенних бабочек (крапивницы, крушинницы, траурницы и т. п.), кобылок, цикад, крупных жуков (например, майского хруща), вылет крупных стрекоз, начало стрекотания кузнечиков, вылет осенних бабочек: осенний и зимний пядениц, начало лёта паутины осенью. Индикатором размерзания и прогрева почвы служит появление дождевых червей. Это явление отмечается по кучкам экспериментов на дорожках и других местах, лишенных травяного покрова.

2. Развивающиеся в массовом количестве паразиты человека и домашних животных: первые укусы, массовое нападение на человека и домашних животных и конец нападений комаров, мошки (гноса, мокрецов), слепней, осенних жигалок.

3. Появляющиеся в массовом количестве вредители сельскохозяйственных культур и лесов: бабочки-белянки (капустницы, репницы, брюквенницы, боярышницы), непарный шелкопряд, сосновая пяденица, клопы-солдатики, на юге – саранча.

Принято также отмечать день выставки из утеплённых омшаников домашних пчёл и их уборку в омшаники осенью. На юге, где пчёл на зиму не убирают, отмечается их первый вылет за взятком, а осенью – прекращение вылетов.

Используемая литература.

Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях – Москва, «Наука», 1966

Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети – Ленинград, Наука, 1982

Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г

ЛЕКЦИЯ 3

РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Тема 1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ. КЛАССИЧЕСКИЙ МЕТОД (РЕГИСТРАТОР СРОКА). КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ.

1. Классификация методов фенологических наблюдений.

Автором классификация методов фенологических наблюдений является известный уральский фенолог В.А.Батманов. Он уже в 60-е годы двадцатого века, представлял структуру фенологии так, как показано в табл.1, подразделял её на теоретическую и прикладную.

Теоретическую фенологию он называл учением о методах фенологического исследования или учением о феноуказателях – приборах-самописцах особого рода, благосклонно расставленных природой по всей планете. 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 пользоваться этими приборами, нужны специальные знания. Добыванием этих знаний и занимается фенолог-теоретик. Он устанавливает правила «пользования» феноуказателями, систематизирует их по группам однозначной информации, составляет алгоритмы фенологических исследований, предназначенные для самого различного потребителя, т.е. берёт на себя все методическое обеспечение фенологических исследований независимо от объекта наблюдений. При таком подходе объектом изучения становятся фенологические методы, и теорети-

ческая фенология вполне может претендовать на самостоятельность как научная дисциплина.

Таблица 1

Классификация фенологических методов по В. А. Батманову

Группы методов и определяемый элемент	Классы методов и типы распределений		
	Первичные (равномерное)	Интегральные (биномиальное и нормальное)	Для редко встречаемых сезонных явлений (Пуассона)
Регистраторы срока, время	Регистратор срока первичный	Регистратор срока интегральный	Регистратор срока для редко встречаемых сезонных явлений
Описательные, временной показатель фенологического состояния	Описательный первичный	Описательный интегральный	Описательный для редко встречаемых сезонных явлений
Индикаторы урожайности, вещественный показатель фенологического состояния	Индикатор урожайности первичный	Индикатор урожайности интегральный	Индикатор урожайности для редко встречаемых сезонных явлений
Экометрические, место	Экометрический первичный	Экометрический интегральный	Экометрический для редко встречаемых сезонных явлений

К *прикладной* фенологии В.А. Батманов относил практически 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.

В данной записи можно выделить *три основных элемента фенологического наблюдения*:

- 1) время,
- 2) место,
- 3) фенологическое состояние объекта.

Что в приведённой записи относится к первым двум не нуждается в комментариях. Последний элемент – фенологическое состояние объекта – оценивается с двух сторон: временным и вещественным показателями. В первом случае характеризуется определённый момент сезонного развития растения - $67 \pm 4\%$ межуниц цвело, т.е. перешло определённую точку исследуемой фенофазы. Во втором случае фенологическое состояние оценивается вещественным показателем, фиксирующим, каких параметров достиг объект на дату обследования в процессе развития (средняя высота стебля и средняя длина листа). В целевой установке любого фенологического наблюдения значения двух элементов задаются заранее, а значение какого-то одного определяется в процессе наблюдения.

Весь методический арсенал, бывший на вооружении фенологов, Батманов критически пересмотрел, разработал ряд новых методов и скомпоновал их в 4 группы в зависимости от определяемого элемента и вопроса, на который исследователь отвечает, проводя наблюдения (табл.1). Рассмотрим каждую из этих групп.

2. Классический метод фенологических наблюдений (регистратор срока).

Из восьми методов, включённых В.А.Батмановым в классификацию фенологических методов, начнем с обычного (регистратор срока, по терминологии В.А.Батманова). Данный метод очень долгое время был среди фенологов единственным, поэтому его иногда называют классическим.

С помощью первичного регистратора срока накоплены самые длинные фенологические ряды (50, 100 лет и более). Это сейчас особенно важно особенно в

связи с мониторингом климата. Самым длинным из известных фенологических рядов является ряд наблюдений 12 веков – за началом зацветания вишни в Японии (Аракава, 1975). Данные этих наблюдений были использованы учёными для обоснования так называемой малой ледниковой эпохи, апогей которого приходился на 1590 – 1850 гг. Ледниковая активизация началась с XII – XIV вв. Фенологические наблюдения подтвердили это. В IX –XIV вв. вишня в Японии зацветала на неделю раньше, чем в XI – XVI веках.

Сущность классического метода заключается в нахождении даты наступления сезонного явления в данном месте. Более или менее регулярно посещая участок, наблюдатель должен зафиксировать две даты: последнюю, когда заданное сезонное явление еще не наблюдалось -(а),и дату -(б), когда явление было отмечено впервые. Очевидно, истинная дата наступления явления (М) лежит в интервале(а-б). Точность проведенного наблюдения будет зависеть от величины промежутка (а-б), другими словами, от частоты посещения участка. Теоретически ошибку наблюдения можно свести к нулю, если наблюдатель будет находиться у объекта наблюдения неотлучно, что на практике, конечно, нереально.

Не имея сведений о развитии объекта в интервале (а-б), мы принимаем за нуль-гипотезу положение, что вероятность наступления искомого срока в любой точке интервала, (а-б) одинакова, т.е. распределение возможных дат наступления явления равномерное. Тогда по закономерностям равномерного распределения наиболее вероятная дата наступления явления - М - будет лежать в середине интервала (а-б) и определяться по формуле: $M = (a - б) / 2$.

Правильная запись наблюдения делается по следующей форме:

Год наблюдений _____ Место _____

Название явления	Дата, когда явление еще не наблюдалось	Дата, когда явление было отмечено впервые	Наиболее вероятная дата наступления явления

Начало сокодвижения березы (у первых 2-3 берез при проколе коры выступает капля сока)	10 апреля	14 апреля	12 апреля
---	-----------	-----------	-----------

Правило полного отсчета, т.е. запись двух дат (а) и (б), введена В.А.Батмановым в 1958г. К сожалению, ранее, да часто и сейчас, это правило не соблюдалось: дата (а) не записывалась, срок наступления отождествлялся с датой (б). Качество таких наблюдений снижено, так как точность их остается неопределенной, характерна односторонняя тенденция к отметке более поздних дат по сравнению с истинными сроками наступления явлений.

Календарь природы – «часы времён года»

На основе фенологических наблюдений можно составить календарь природы – сводку средних многолетних сроков различных сезонных явлений, расположенных в порядке их наступления.

Ниже мы помещаем с некоторыми сокращениями методические рекомендации В. А. Батманова по составлению календарей природы, опубликованные в малотиражном издании Свердловской областной детской туристско-экскурсионной станции в 1962 г. и ставшие к настоящему времени абсолютно недоступными для учителей.

Типы календарей природы и их структура

Единого календаря природы нет и быть не может: для каждой местности и даже для каждого населённого пункта нужен свой календарь. Сравнительно недалеко друг от друга г. Камышлов и посёлок Курьи различаются по срокам наступления весенних сезонных явлений в среднем на два дня.

Разнообразие сезонных явлений природы настолько велико, что отразить всё это в одном календаре невозможно. Поэтому существуют различные типы календарей в зависимости от конечной цели сбора сведений, т. е. учёт потребителя. Например, для пчеловодов, помимо явлений, характеризующих жизнь самих пчёл, очень важны сведения о сроках цветения растений-медоносов. Для работников сельского хозяйства представляет интерес данные о средних многолетних сроках сельскохозяйственных работ и развитии полевых культур. Для охотников - календарь с информацией о промысловых зверях и птицах и т. п. Подобные календари называют специализированными, в отличие от общих, ориентированных на все слои населения и характеризующих общий ход сезонного развития природы.

Различают два типа календарей: районные и местные. Районный календарь предназначен для пользования жителями целого района. Наблюдения даются в общей форме - без указания точного места наблюдения. Допустим, сообщается, что "на полях почва оттаяла на 10 см", но на каком поле не указывается. При составлении местного календаря расчет делается на жителя пункта наблюдения. Определение наблюдений обязательно конкретизируется: не просто поле, а "поле ниже деревни" или "поле на северном склоне такой-то горы". Вполне понятно, что наиболее близкими по содержанию для школьников является местный календарь.

Программа наблюдений содержит два основных раздела. В первый входят такие сезонные явления, по которым можно сравнивать данные нашего календаря с календарями природы других пунктов страны. Есть известный минимум явлений, приводимый в центральных и областных программах. В этот минимум входят легко наблюдаемые явления, относящиеся к хорошо известным и широко распространенным объектам наблюдения. По этим

же явлениям собран огромный материал из разных мест нашей страны, и они являются для фенологов как бы "вехами", отмечающими этапы сезонного развития природы.

В календаре эти "вехи" служат костяком, около которого группируются другие явления. Следует, однако, учитывать, что, несмотря на всю важность, этот раздел должен составлять примерно 10% программы: этого вполне достаточно, чтобы обеспечить сравнение с другими местностями. Основная масса наблюдаемых явлений должна быть представлена во втором разделе, куда включаются явления, отражающие характерные для данного района или для данного пункта особенности сезонного развития природы. Особенно большие возможности дает этот раздел для местного календаря природы. Проводя фенологические наблюдения в течение всего года, можно найти сезонные явления, представляющие для жителей населенного пункта особый интерес. Вот пример: "4 апреля на речке Камышинке талые воды затопили лед, прекратилось пешеходное движение". Это событие представляет интерес только для жителей деревни Боярка, поскольку нарушается близкая дорога в центр деревни

Чем обширнее календарь, тем больше будет желающих им пользоваться. Возможны два пути расширения календаря. Во-первых, можно расширить число объектов наблюдения. Но это удобно в том случае, когда речь идет о специализированных наблюдениях, интересных для определенной категории населения. Во-вторых, можно увеличить не количество объектов, а число наблюдаемых сезонных явлений у хорошо известных видов: черемухи, березы и т.п. Интересно наблюдать одно и то же сезонное явление в разных условиях. Так, проводя наблюдения в окрестностях деревни Боярка в течение 7 лет, В.А.Батманов отмечал зеленение березы на пяти различных по экологическим условиям участках. Комбинируя увеличение числа сезонных явлений у объектов с наблюдениями их в различных условиях, можно регистрировать за весну по одной только березе несколько сот отдельных моментов сезонного развития.

Определении средних многолетних дат календаря природы. Феноаномалии.

С третьего года наблюдений можно приступить к выводу многолетних средних дат. Средняя определяется просто - как средняя арифметическая. Например: для дат 1 июня, 3 июня и 4

июня средней арифметической будет - 3 июня $((1+3+4)/3=3,3$ – полученное число не округляется, и 3,3, и 3,8 соответствуют 3 июня).

Не возникает сложностей, если даты относятся к одному месяцу. Если же даты относятся к разным месяцам, возникает определенная трудность при подсчете средней арифметической. Например, для 31 мая, 3 и 4 июня - 12 число, как простое среднее арифметическое $((30+3+4)/3=12,5)$, не будет средней трехлетней. В таком случае приходится прибегнуть к переводу дат в единый ряд. Для дат мая и июня этот ряд начнется с 1 мая. В мае 31 день, поэтому 3 июня и 4 июня будут в едином ряду 34 и 35 «мая», 30 июня останется 30 июня. Средняя арифметическая в этом случае – 33 «мая» $((30+34+35)/3=33)$, т.е. в нормальном понимании – 2 июня $(33-31=2)$.

Феноаномалия - это отклонение в сроках наступления сезонного явления в текущем году от средней многолетней даты: $A = D - D_{\text{ср}}$. При этом знак «+» у феноаномалии свидетельствует об отставании конкретной даты от средней многолетней, а знак «-» – об опережении. Примеры расчетов средних многолетних и феноаномалий приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вычисление трехлетней средней и феноаномалии отдельных лет

Название сезонного явления	Сроки наступления явления			Средняя дата за три года	Феноаномалия - отклонение от средней (-раньше,+позже), дн.		
	1953	1952	1951		1953	1952	1951
Прилет пеночки-теньковки	26/IV	27/IV	23/IV	25/IV	+1	+2	-2

Начало массового цветения ивы козьей	26/IV (26/IV)	17/V (47/IV)	13/IV (13/IV)	29/IV (29/IV)	-3	+18	-16
Начало массового цветения осины	26/IV (26/IV)	17/V (47/IV)	14/IV (14/IV)	29/IV (29/IV)	-3	+18	-15
Начало распускания листьев у черной смородины	28/IV (28/IV)	18/V (48/IV)	18/IV (18/IV)	1/IV (31/IV)	-3	+17	-13
Начало зеленыя черемухи	30/IV (30/IV)	18/V (48/IV)	19/IV (19/IV)	2/V (32/IV)	-2	+16	-13

Иногда по некоторым явлениям данные бывают неполными. **Как восполнить недостающую дату?** Разберем несколько способов в становления даты. Допустим, по началу цветения прострела желтеющего (подснежника) есть данные за 1953 г. (26/IV), за 1952 г. (18/V), а о 1951 г. известно лишь, что 11 апреля растение еще не цвело.

Первый способ. В 1953-1952 гг. прострел зацвел одновременно с началом массового цветения ивы козьей осины или на день позже. Допуская, что это совпадение было и в 1951 г., находим искомую дату: по иве козьей 13/IV или 14/IV по осине - 14/IV или 15/IV. В среднем по четырем вариантам 14/IV.

Второй способ. В таблице приведены феноаномалии по растительности. Как видно, средняя для них за 1953г - -3 дня, за 1952г - +17, за 1951г - -14. Значит, весна в общем протекала в 1951 г. на 11 дней раньше, нежели в 1953 г. (по этому расчету прострел должен был зацвести в 1951 г. 15 апреля) и на 30-31 день раньше, чем 1952 г. Предполагае-

мая дата на основании этого будет 17-18 апреля. Отсюда в среднем по 4 вариантам: 15/IV, 15/IV, 17/IV, 18/IV - дата зацветания прострела 16/IV.

Т р е т и й с п о с о б . Находим, при каких суммах температур начинал цвести подснежник в 1952-1953 гг. В 1953 г это событие отмечено при 133° положительных и 35 эффективных температур, в 1952 г. соответственно, при 185 и 62. Следовательно, в среднем за 2 года подснежники зацветали при 159 градусах положительных и 48 эффективных температур. Эти суммы наступили в 1951 г. 17/IV и 16/IV.

Как видим, все три способа дали близкие результаты. Если принять за предполагаемую дату наступления цветения прострела 15/IV (средняя дата по 10 вариантам), то средняя трёхлетняя будет: $(26.IV + 18.V + 15.IV)/3 = 30.IV$ Пример убедительно доказывает необходимость подобных вычислений. Если бы мы удовлетворились вычислением средней даты за два года: $(26.IV + 18.V)/2 = 7.V$, то получившийся результат оказался бы неравноценным другим средним - на неделю смещенным в сторону запоздания и порядок следования явлений друг за другом был бы отражен неверно. При выводе средних всегда следует стремиться, чтобы они были вычислены за одни и те же годы.

Иногда подобные расчеты помогают выявить ошибки наблюдений. Например, по зеленению черной смородины имелись наблюдения за все три года: 1953 - 30/IV, 1952 - 21/IV и 1951 - 25/IV. Сопоставление этих дат со сроками зеленения черемухи сразу наводит на сомнение. В 1953 г. оба явления наступили одновременно, в 1952 г. черная смородина запоздала на 3 дня, а в 1951 г. - даже на 6 дней, против черемухи. Возникает вопрос: правильно ли это явление было отмечено в 1951 г.? Действительно, сделанный анализ показал, что если считать достоверными первые даты, то вероятный срок зеленения черной смородины в 1951 г. был 21/IV, а не 25/IV. Запоздание с отметкой зеленения впоследствии подтвердилось - участок со смородиной не посещался несколько дней.

Следует, однако, предостеречь от механического использования подобных расчетов - иногда расхождение отражает нечто реально существующее в природе. Рассмотрим на примере. По началу цветения одуванчика имеются все три даты: 1953 г, -28/IV, 1952 - 25/IV и 1951 - 7/IV. Здесь особенно сомнительным кажется раннее цветение в 1951 г. Проверенные

расчеты показали для этого года гораздо более поздний срок - 23/IV. И все же 7/IV - срок точный. Дело в том, что в 1953 и 1952 гг. наблюдались соцветия, выросшие весной, а в 1951 г. - перезимовавшие, т.е. по существу было отмечено другое явление.

Наконец, у таких явлений, как прилет пеночки-теньковки, Даты за все три года мало отличны друг от друга - появление этих птиц мало зависит от хода весны. Недостающие даты в таких случаях возможно восстановить лишь сравнением с полным рядом наблюдений над родственными явлениями - прилетом других птиц.

Двухлетняя средняя, как видно из примера с подснежником, может сильно отличаться от трехлетней. Однако и трехлетняя не совпадает с четырехлетней, последняя - с пятилетней и т.д. Чем больший период берется для выведения средней, тем достовернее эта средняя.

Однако ожидать длительный срок, пока накопится достаточно материала для устойчивых средних, не всегда возможно. Чтобы укоротить время, необходимое для составления хорошего календаря, можно использовать следующий прием - сопоставить свои немногочетные наблюдения с более продолжительными рядами других наблюдателей, живущих или живших поблизости. На Урале фенологические наблюдения ведутся давно, почти в каждом районе имеется 1-2 пункта, в которых любители краеведы следили за сезонной жизнью природы в течение многих лет. Нужно поискать эти материалы у старожилов, в архивах, справиться в научных учреждениях. Особенно ценные сведения можно раздобыть в ближайшей метеостанции. Если удастся отыскать несколько десятков записей явлений с многолетними рядами наблюдений, то этого достаточно, чтобы, сопоставляя средние даты своего календаря со средними многолетними датами, выведенными за все годы наблюдения в данном пункте, выяснить, насколько же наш календарь типичен, как велико отклонение его от средних за большой период времени.

Как лучше использовать календарь природы? Вопрос этот довольно сложен, так как употребление его очень разнообразно в зависимости от пользователя. Надо помнить, что календарь природы в сущности есть систематизированный

список явлений-указателей. Так им и нужно пользоваться. Наблюдая из года в год, на какую ступень весны приходится искомый день, около каких "вех" сезонного развития он обычно наступает, получаем возможность более точно определять нужный момент.

Следует помнить, что все указания календаря природы, которые являются рекомендациями по срокам работ, должны помещаться лишь после внимательного просмотра их специалистами. Надо избегать также механического переноса советов, взятых из литературных данных, без предварительной проверки в местных условиях.

В заключение можно добавить несколько слов об использовании районного календаря. Как указывалось выше, даже относительно близкие местности могут отличаться по срокам наступления сезонных явлений. В то же время одинаковый тип отклонений от средних многолетних сроков охватывает огромные территории. На этом фоне феноаномалии весны, лета, осени в пределах района практически одинаковы. Этим и можно воспользоваться. Найти многолетние данные для каждого пункта района не всегда осуществимо, а для одного из них вполне реально. По календарю природы этого пункта и можно ориентироваться.

Итак, обычный метод фенологических наблюдений прост, доступен, только с его помощью собирается материал для календаря природы. Точность проведенного наблюдения определяется частотой посещения объектов, за которыми проводятся наблюдения. Чем чаще наблюдатель осматривает свои участки и делает записи, тем дата наступления явления будет отмечена точнее.

Однако непременным требованием при работе обычным методом является постоянство места наблюдения. Наблюдения ежегодно проводятся на одних и тех же участках и за одними и теми же объектами. Только в этом случае результаты за разные годы будут сравнимы между собой, и выведение на их основе средних многолетних дат для составления календаря природы будет корректно.

Указанное ограничение делает невозможным использование обычного метода

для ведения фенологических наблюдений во время экскурсий в природу, туристических походов, экспедиций, т.е. во всех случаях, когда наблюдатель постоянно меняет место своего нахождения. Действительно, находясь в движении невозможно определить дату наступлений какого-либо явления. Однако для фенолога еще не все потеряно. Надо просто сменить метод наблюдения.

Используемая литература.

Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992

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 - Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000

Куприянова М.К., В.А.Батманов – основатель нового направления в фенологии / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 8 – 17с

Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000

ЛЕКЦИЯ 4

РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Тема 3 МЕТОДЫ ОПИСАТЕЛЬНОЙ ГРУППЫ

Современные исследования предполагают использование методов фенологических наблюдений, не требующих многократного посещения. К методам, с помощью которых можно получить законченный отчет сразу (в результате однократного посещения участка), относятся *описательные* – первичный и интегральный. Эти методы были разработаны известным уральским фенологом В.А. Батмановым. Сущность описательных методов заключается в том, что наблюдатель характеризует фенологическое состояние объекта наблюдения на определенный день в определенном месте. Каким образом дается характеристика фенологическому состоянию, зависит от класса метода – первичный он или интегральный.

1. Первичный описательный метод фенологических наблюдений

Первичный описательный метод от интегрального отличается тем, что фенологическое состояние объекта с его помощью характеризуется без каких либо подсчетов. Чем полнее и детальнее это сделано, тем наблюдение имеет большую точность. Объектом исследования при работе описательным первичным методом может быть либо изолированная единица, либо их совокупность. Но в любом случае результатом наблюдений будет одно значение показателя фенологического состояния и для одной единицы, и для совокупности в целом.

Существуют два направления при работе первичным описательным методом. Первое – сбор максимально подробной информации о сезонном развитии одного или немногих объектов. В этом случае результаты наблюдений фиксируются в виде дневниковых записей. Обработать в дальнейшем эти записи довольно сложно, поэтому в научных исследованиях рекомендуется использовать второе направ-

ление – сбор фенологических данных по большому количеству объектов, но с предельно краткой информацией по каждому из них. Для экономии времени в полевых условиях удобно использовать символические (буквенные, цифровые или значковые) обозначения фенологического состояния этих объектов. Для буквенного обозначения, например, фенологического состояния растений принимают определенную систему сокращений названий фенофаз: бутонизация – бут.; начало цветения – н.цв.; вегетация – вег. и т.п. В международных изданиях обычно используют сокращенные латинские термины, например, вегетация – veg. Творцом значков – символов, обозначающих то или иное феносостояние, является сам наблюдатель. Как правило, это маленькие стилизованные рисунки, например, фаза цветения обозначается абстрактным упрощенным изображением цветка.

Чтобы работать описательным первичным методом в такой форме и одновременно обеспечить высокую степень детальности наблюдений, необходимо хорошо представлять последовательность сезонных процессов или иметь разработанные шкалы нормальной последовательности явлений, то есть перечень фенологических состояний объекта, следующих друг за другом. С целью облегчить начинающим наблюдателям эту часть работы и одновременно унифицировать полученные данные, мы предлагаем использовать специально разработанные нами стандарты фенофаз развития вегетативных и генеративных органов растений (см. табл. 1 и 2).

Таблица 1

Стандарт вегетативного цикла

Балл	Обозначение фенофазы	Название фенофазы	Описание фенофазы
0	0	Зимний покой	Почки не набухли
1	НП	Набухание почек	Почки увеличиваются в размере,

			появляются светлые просветы между чешуями
2	ПП	Проклевывание почек	Появился конус зеленых листочков
3	РП	Расхохливание почек	Листочки обособляются, но не развернулись полностью
4	З	Зеленение	Листочки разворачиваются, приобретают форму, но могут быть сморщенными, клейкими, красноватого или другого оттенка. Идет активный рост листа.
5	МЛ	Молодой лист	Лист достигает своего нормального размера, но еще по окраске весенний ярко-зеленый, мягкий, нежный.
6	ЛВ	Летняя вегетация	Лист имеет нормальный размер, летний темно-зеленый цвет.
7	ОТ	Отмирания (окрашивания)	Лист постепенно приобретает осеннюю окраску
8	ПО	Полное отмирание	Лист полностью окрасился, пожух, высох. У деревьев закончился листопад.

Таблица 2

Стандарт генеративного цикла.

Балл	Обозначение фенофазы	Название фенофазы	Описание фенофазы
0	0	Фаза покоя	Бутонов нет
1	Б1	Фаза начала бутонизации	Зелененькие маленькие бутоны

2	Б2	Массовая бутонизация	Зрелые бутоны нормального размера, начинают окрашиваться
3	Ц1	Начало цветения	С момента раскрытия первых цветков
4	Ц2	Массовое цветение	Цветков больше, чем бутонов; первые увядшие венчики при наличии бутонов
5	ОТЦ1	Начало отцветания	Бутонов нет, есть увядшие венчики
6	ОТЦ2	Массовое отцветание	Увядших венчиков больше, чем раскрытых цветков
7	П1	Фаза завязывания плодов и семян	Маленькие зеленые плоды
8	П2	Фаза созревания плодов и семян	Плоды достигли нормального размера, окрашиваются
9	ОБС1	Начало обсеменения плодов	Обсеменяются первые особи
10	ОБС2	Массовое обсеменение	Обсеменение большинства плодов у большинства особей
11	ОБС3	Конец обсеменения	Большинство особей обсеменились, остались единичные обсеменяющиеся особи
12	ПГ	Постгенеративная фаза	Плодов и семян нет

2. Описательный интегральный метод фенологических наблюдений

При описательном интегральном методе, как и при описательном первичном, характеризуется временной показатель фенологического состояния объекта в оп-

ределенный день на данной территории. Но характеристика дается совсем другим образом. Сущность интегрального описательного метода заключается в определении процента учетных единиц, перешедших в своем сезонном развитии заданное фенологическое состояние, именуемое межой, в данный день на определенной территории.

Специальные термины метода – межа и учетная единица. *Учетная единица* – это то, что подсчитывается при наблюдении. Учетные единицы должны легко разграничиваться при подсчете и по возможности быть независимыми в развитии друг от друга. По характеру учетные единицы могут быть весьма разнообразными. Для растений за учетную единицу чаще всего принимается одна особь. Но иногда растения, особенно травянистые, сильно переплетаются между собой, и разграничить особи становится затруднительным. Тогда за учетную единицу можно взять их совокупность (кочку, дерновинку, площадку определенной величины) или часть особи (лист, побег, цветоножку). Для неорганической природы за учетную единицу может быть взята точка или площадка (например, при учете схода снежного покрова). Учетные единицы должны быть, по возможности, однородными: одного возраста, не поврежденными болезнями и вредителями, без механических изъянов.

Межа – это выбранное для наблюдения сезонное явление, определенная точка в развитии учетной единицы. Она служит разграничителем учетных единиц на две категории: не дошедшие до нее и миновавшие ее. Примерами меж могут быть: начало цветения, оттаивание почвы до определенного предела, окончание кладки у какого-то вида птиц и т.п. Названия меж можно заимствовать из фенологических программ, но чаще их приходится определять самостоятельно исходя из задач конкретного исследования. Правильный выбор межи имеет очень важное значение. Обычно в момент наблюдения у объекта можно обнаружить сразу несколько меж. Например, в популяции растений одного вида могут быть одновременно особи, у которых в наличии только бутоны, особи, в соцветии которых появились

первые цветки, особи, у которых раскрытых цветков половина и больше, и, наконец, особи, у которых появились первые отцветшие венчики. В этом случае наблюдения можно вести сразу по трем межам: начало цветения, массовое цветение, начало отцветания. При камеральной обработке материалов можно выбрать те межи, которые на день обследования дали наилучшие результаты. Признаками хорошей межи является четкость и глазомерность. У наблюдателя не должно быть сомнений, пройдена межа учетной единицей или нет. Например, четкой межой будет: «Венчик цветка раскрылся». Для наблюдения за окрашиванием крон у берез «Начало пожелтения» - межа расплывчатая. Ее можно сформулировать более четко: «Появление в кроне единичных окрашенных листьев или заметного числа 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.

В полевых условиях наблюдения интегральным описательным методом проводятся следующим образом. На выбранном для наблюдения участке с достаточным количеством учетных единиц без какой-либо тенденции к отбору, то есть все подряд, просматривается и оценивается нужное количество учетных единиц. Для деревьев следует просмотреть 25 – 100, а для травянистых – 100 – 300 учетных единиц (удобнее брать числа, кратные 5 или 10). Надо помнить, что чем больше выборка, тем точнее результат. Каждая учетная единица по ходу просмотра оценивается определенным баллом: учетные единицы не дошедшие до первой межи, обозначаются баллом «0», перешедшие первую межу – баллом «1», перешедшие вторую – баллом «2» и т.д. В полевых условиях баллы удобно заносить в заранее заготовленные прямоугольники, разделенные на клетки по числу учетных единиц. С заполнением всех клеток заканчивается наблюдение.

0	0	1	1	1	2	3	2	0	0
1	0	2	1	0	2	2	0	0	0
0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
0	0	2	0	0	0	3	2	2	0
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

0 – 31 (62%)

1 – 7 (14%)

2 – 10 (20%)

3 – 2 (4%)

В камеральных условиях подсчитывают процент учетных единиц, перешедших выбранные межи. Первую межу перешли 38% учетных единиц (14+20+4), вторую межу – 24% (20+4), третью – 4%.

Таким образом, ответ получается суммированным, отсюда и название метода – интегральный. Результаты наблюдений, полученные с его помощью, можно наглядно представлять в виде графиков и диаграмм.

Ниже мы даем математическую обработку результатов наблюдений, полученных с помощью интегрального описательного метода. Итак, наблюдение проведено. Получен процент учетных единиц, перешедших межу на выбранном участке за определенный день. Что дальше?

Точность наблюдения оценивается точностью нахождения процента. Почему даже если наблюдение проведено очень тщательно, полученный результат не абсолютно точен? Дело в том, что мы оцениваем фенологическое состояние не всех учетных единиц, находящихся на участке, а только выборку из их совокупности (в нашем примере 50). Отсюда полученный процент есть лишь один из возможных вариантов ответа на поставленный вопрос. Если бы мы провели наблюдение над частично или полностью другой выборкой учетных единиц участка, то

процент мог бы быть иным. О величине возможных отклонений дает представление средняя ошибка определения процента, вычисляемая по формуле:

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

где x – процент учетных единиц, перешедших межу, а n – количество просмотренных учетных единиц. В приведенном примере:

$$m = \pm \sqrt{\frac{38(100 - 38)}{49}} = \pm 7\%.$$

Как видно из формулы, при увеличении n ошибка уменьшается. Так, при n , равном 100, она уже равна $\pm 5\%$. Следовательно, точность наблюдения при работе интегральным описательным методом повышается сравнительно нетрудоемким путем – увеличением числа просматриваемых учетных единиц.

Для решения каких задач можно использовать вычисленные ошибки? Прежде всего, они необходимы для обоснования математической достоверности различий. Рассмотрим пример. Наблюдения интегральным описательным методом были проведены на двух участках, различающихся по своим экологическим условиям. Пусть на первом из них процент учетных единиц, перешедших межу, оказался равным $61 \pm 10\%$, а на втором – $48 \pm 5\%$. Можем ли мы утверждать на основании полученных результатов, что сезонное развитие изучаемого объекта на первом участке идет с опережением по сравнению со вторым? Ведь разница, равная 13 %, могла получиться случайно, поскольку проценты учетных единиц, перешедших межу, на обоих участках имеют существенные ошибки. Достоверна ли получившаяся разница или она лежит в пределах случайных отклонений, помогает установить показатель существенности разницы - t . Он вычисляется по формуле

$$t = \frac{x1 - x2}{\sqrt{(m1)^2 + (m2)^2}}$$

где $x1$ и $x2$ – проценты учетных единиц, перешедших межу, соответственно на первом и втором участках, а $m1$ и $m2$ – их ошибки. Полученный t – критерий сравнивается с критерием надежности. Последний для наших целей равен 1,96. Если показатель существенности разницы равен или больше 1,96, разница между сравниваемыми участками математически доказана (с 95%-ной вероятностью), если меньше, то лежит в пределах случайных отклонений. В нашем примере $t = 1,16$. Следовательно, рано еще искать причины, вызывающие опережение сезонного развития объекта на первом участке, надо подтвердить наличие факта дополнительными обследованиями, т.е. постараться уменьшить ошибку определения процентов. Как указывалось выше, для этого необходимо увеличить количество просматриваемых на каждом участке учетных единиц. Опыт показывает, что для древесных растений можно брать меньше учетных единиц (25-100), чем для травянистых, обладающих большей индивидуальной изменчивостью. Для последних n меньше 100 дает плохие результаты.

Одним из значительных преимуществ описательного интегрального метода является возможность с его помощью проследить все развитие явления во времени, а не только зафиксировать избранные точки (начало, конец, иногда середина). Для этого необходимо провести повторные обследования участка. Каждый раз наблюдения делаются по одной и той же меже, лучше, если в выборку будут входить примерно одни и те же учетные единицы.

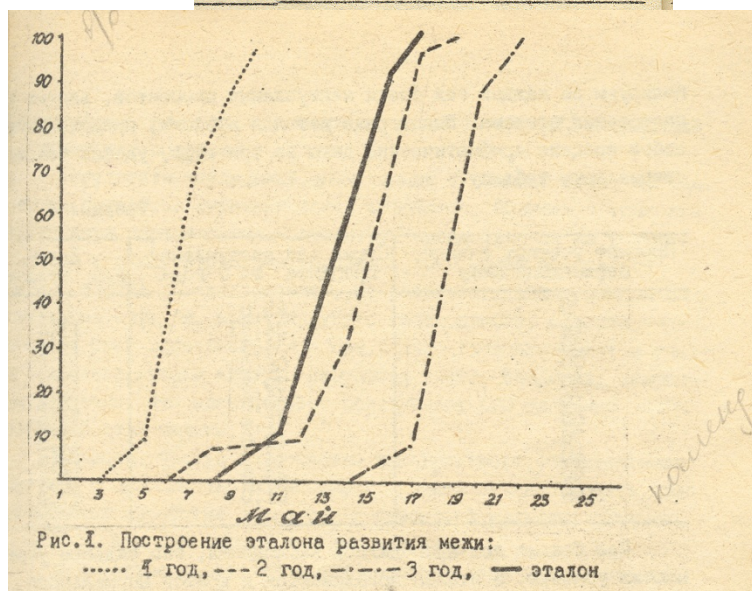
Допустим, мы получили следующие результаты (см. в табл. 3 данные за первый год). Нанесем их на сетку координат, где по оси абсцисс откладываются даты, а по оси ординат соответствующие им проценты учетных единиц, перешедших

межу (рис. 1). Точки соединяются между собой, и мы получаем графическое представление о развитии межи во времени.

Накапливая подобные данные в течение нескольких лет, можно получить усредненные фенологические кривые, которые принимаются за эталоны выбранных сезонных явлений (меж) и используются как инструмент для перевода процентов в более определенные единицы измерения - сутки. Покажем на, примере, как это делается. В таблице 3 даны результаты наблюдений еще за два года: Нанесем их также на сетку координат (см. рис.1).

Таблица 3

Дата	Процент учетных единиц, перешедших между
<u>Первый год</u>	
3 мая	0
5 мая	10
7 мая	65
9 мая	91
10 мая	100
<u>Второй год</u>	
6 мая	0
8 мая	5
12 мая	10
14 мая	30
17 мая	95
19 мая	100
<u>Третий год</u>	
14 мая	0
17 мая	7
18 мая	20
20 мая	85
22 мая	100



Через проценты, кратные 10, проводим прямые, параллельные оси абсцисс; от точек их пересечения с однолетними кривыми опускаем перпендикуляры до

оси дат и таким образом интерполируем за каждый год сроки наступления процентов, взятых для построения эталона. Вывод ряда дат дал для эталона представляющих собой средние арифметические даты за три года, удобно свести специальную таблицу (таблица 4).

Таблица 5

Процент учетных единиц, перешедших межу	Сумма дат наступления процента за 3 года	Даты для эталон
0	23,0	7,7
10	34,33	11,4
20	36,3	12,4
30	38,0	12,7
40	39,3	13,1
50	40,5	13,5
60	41,4	13,8
70	42,8	14,3
80	44,3	14,6
90	46,2	15,4
100	51,0	17,0

Чем больше лет проводились наблюдения, тем сильнее усредняются условия, и эталон приближает к кривой нормального распределения, имеющей правильную симметричную форму. Имея эталон, можно, как указывалось выше, переводить проценты учетных единиц, перешедших межу, в отклонения от эталона, выраженные в сутках. Например, на каком-то участке (может быть, весьма отдаленном) и в какой-то год 15 мая был получен процент учетных единиц, для которой построен эталон, равный 5. По эталону же (см.рис.1) этот процент достигается 10 мая. Значит, для участка характерно запаздывание по сравнению с эталоном на 5 дней. Выясняя отклонения от эталона различных участков, мы на основании однократного обследования можем узнать разницы в сутках и между самими участками, что невозможно при проведении наблюдений другими методами.

В заключении дадим общую оценку методу. Интегральный описательный метод для получения окончательного отчета не требует системати-

ческого посещения участка, а поэтому может быть рекомендован для использования во время, экскурсий, экспедиций и туристских походов.

Результаты наблюдений, полученные с помощью этого метода, хорошо поддаются математической обработке. Повышение точности наблюдения определяется количеством просмотренных на участке учетных единиц. Это менее трудоемко, чем может показаться, на первый взгляд. Исследователей, не работавших интегральным описательным методом, может испугать необходимость больших подсчетов. Опыт показывает, что при удачно выбранных меже и учетной единице оценка идет со скоростью счета. Например, захронометрировано, что один человек осматривает 100 растений чины весенней за 2 минуты.

Наконец, третье достоинство интегрального описательного метода: с его помощью можно зафиксировать и использовать для дальнейшей обработки любую точку сезонного развития объекта, а не 2-3, как при работе другими методами.

В качестве недостатков для интегрального описательного метода можно отметить большую требовательность к количеству объекта. Если последний распространен на территории единично или ограниченно, применять метод не имеет смысла. Иногда трудно выбрать четкую межу. Когда задачи исследования расширяются, например, для построения эталонов меж, трудоемкость наблюдений увеличивается, и однократными обследованиями участков ограничиться уже нельзя.

Используемая литература.

Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992

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 - Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000

Куприянова М.К., В.А.Батманов – основатель нового направления в фенологии / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 8 – 17с

Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000

ЛЕКЦИЯ 5

РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Тема 4. МЕТОДЫ ГРУППЫ ИНДИКАТОРОВ УРОЖАЙНОСТИ

Методы данной группы характеризуют вещественный показатель фенологического состояния объекта в данный день на обследуемой территории. Название методов не совсем удачно. Оно громоздко и требует дополнительного разъяснения. Урожай, урожайность в данном случае, понимается очень широко. К вещественным показателям фенологического состояния объекта, кроме урожая в обычном понимании этого слова (плодов, семян и т.п.), В.А.Батманов отнес и самые различные морфометрические параметры растений и животных: размеры листьев, стеблей, корней, крыльев птиц и бабочек, их расцветку, величину кладок у птиц и т.д. Сюда же надо относить и вещественные показатели», характеризующие фенологическое состояние объектов неорганической природы, такие как высота снежного покрова на определенный день, глубина промерзания и оттаивания почвы. Методы теоретически разработаны еще недостаточно. Однако, как и описательные, они подразделяются на первичный и интегральный.

1. Первичный регистратор урожайности

При работе этим методом пользуются, как правило, различными методами глазомерных оценок. Для примера дадим шкалу глазомерной оценки обилия цветения, помещенную в книге "Фенологические наблюдения {организация, проведение, обработка}: Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети" (1982, с.217).

Шкала глазомерной оценки обилия цветения.

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 разгар цветения).

Другие примеры - шкала глазомерной оценки плодоношения ягодников и шкала глазомерной оценки урожаев грибов, помещенные в книге Минина А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" (2000, с.32 - 33).

Шкала глазомерной оценки плодоношения ягодников (по А.Н.Формозову)

0 – ягод нет.

очень плохой урожай; единичные ягоды встречаются у небольшого количества растений.

2 – слабый урожай; единичные ягоды и группы ягод; подавляющее число участков ягод не имеет.

3 – средний урожай; местами ягод значительное количество, но на большинстве участков единичные ягоды или их нет.

4 – хороший урожай; участки с большим количеством ягод занимают не менее 50 % встречающихся площадей.

5 – очень хороший урожай; повсеместное обильное плодоношение, участки со слабыми урожаями редки или отсутствуют.

Шкала глазомерной оценки урожаев грибов (по Н.Н.Галахову)

0 – неурожай; грибов нет.

1 – плохой урожай; грибов очень мало, они встречаются только в благоприятных местообитаниях.

3 – средний урожай; грибы встречаются в небольшом количестве повсюду.

4 – хороший урожай; грибы встречаются в большом количестве, наблюдаются повторные слои грибов.

5 – обильный урожай; большой и продолжительный сбор грибов; их массовое появление отмечается неоднократно.

Подобные шкалы есть и для оценки урожая шишек, плодов, семян древесных пород и кустарников и т.д. При работе данным методом не производится подсчетов и измерений. Урожай, как видно из приведенных шкал, оценивается весьма приближенно.

2. Интегральный индикатор урожайности

В отличие от первичного, интегральный метод значительно более точный. Подобно интегральному описательному методу, его можно назвать методом суммированного отчета. Результат проведенного наблюдения является обобщением n -го числа ответов на поставленный вопрос. Разберем типичный *пример* использования интегрального метода индикаторов урожайности.

В качестве вещественного показателя фенологического состояния какого-либо травянистого растения возьмем высоту его стебля. На участке с достаточным количеством учетных единиц измеряется высота стебля растения (от поверхности земли до верхней точки растения) у n -го числа растений. Обычно мы рекомендуем для подобных целей брать 50 учетных единиц. В полевых условиях результаты наблюдений, как и при интегральном описательном методе, удобно заносить в клетчатые квадраты или прямоугольники (для одной учетной единицы - одна клетка). Оценка дается не в баллах, а в выбранных единицах измерения, например, сантиметрах. Допустим, проведенные измерения дали следующие результаты:

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

Основные параметры выбранного для наблюдений вещественного показателя - его средняя арифметическая величина и мера ее изменчивости. Средняя высота стебля в нашем примере 9 см. На основании подобных показателей далее делаются выводы о степени благоприятности экологических условий обследованных участков.

Изменчивость любой величины обычно характеризуется средним квадратическим отклонением - σ , которое вычисляется по формуле:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - M_{\text{ср}})^2}{n - 1}}$$

где M - отдельные измерения, $M_{\text{ср}}$ - средняя арифметическая величина, n - количество измеренных учетных единиц (в нашем случае 50). Среднее квадратическое отклонение у нас получилось равным 2,7 см. Зная его, можно вычислить среднюю ошибку средней арифметической:

$$m = \pm \sigma / \sqrt{n} = 0,4 \text{ см.}$$

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: $V = (\sigma / M_{\text{ср}}) \times 100\%$. Существуют разные *уровни изменчивости признаков*. Так, по *С.А.Мамаеву*, очень низкий уровень изменчивости характеризуется коэффициентами вариации менее 7%, низкий - 7- 15, средний - 15-25, повышенный - 25-35, высокий - 35-50 и очень высокий более 50%. Чем ниже уровень изменчивости, тем надежнее и точнее феноуказатель, тем меньше можно брать учетных единиц для получения одинаковой точ-

ности наблюдения. В нашем примере коэффициент вариации равен 30%, т.е. является повышенным.

Средние ошибки наблюдения при работе рассматриваемым методом, как и при интегральном описательном, нужны для установления математической достоверности получающихся при исследованиях различий. Например, при сравнении двух участков, вычисляется показатель существенности разницы, который сравнивается с коэффициентом надежности, а затем делается вывод. Достоверна ли получившаяся разница, или она лежит в пределах случайных отклонений, помогает установить показатель существенности разницы - t. Он вычисляется по формуле:

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{(m_1)^2 + (m_2)^2}}$$

где x_1 и x_2 – проценты учетных единиц, перешедших между, соответственно на первом и втором участках, а m_1 и m_2 – их ошибки. Полученный t – критерий сравнивается с критерием надежности. Последний для наших целей равен 1,96. Если показатель существенности разницы равен или больше 1,96, разница между сравниваемыми участками математически доказана (с 95%-ной вероятностью), если меньше, то лежит в пределах случайных отклонений. В нашем примере $t = 1,16$. Следовательно, рано еще искать причины, вызывающие опережение сезонного развития объекта на первом участке, надо подтвердить наличие факта дополнительными обследованиями, т.е. постараться уменьшить ошибку определения процентов. Как указывалось выше, для этого необходимо увеличить количество просматриваемых на каждом участке учетных единиц. Опыт показывает, что для древесных растений можно брать меньше учетных единиц (25-100 шт.), чем для травянистых, обладающих большей индивидуальной изменчивостью. Для последних n меньше 100 дает плохие результаты.

Интегральный метод индикаторов урожайности как точный, хорошо поддающийся математической обработке, но в то же время достаточно трудоемкий, можно рекомендовать для каких-либо углубленных специальных исследований, особенно связанных с оценкой степени благоприятности условий различных геокомплексов.

Используемая литература.

Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992

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 - Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000

Куприянова М.К., В.А.Батманов – основатель нового направления в фенологии / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 8 – 17с

Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000

ЛЕКЦИЯ 6

РАЗДЕЛ II. МЕТОДИКА ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Тема 5. МЕТОДЫ ЭКОМЕТРИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Работая экометрическими методами, исследователь отвечает на вопрос: где на данное календарное число объект находится в определенном фенологическом состоянии. Территория разбивается на зоны с разным фенологическим состоянием объекта. "Территорию среды измеряю", - так предложил В.А.Батманов трактовать название методов данной группы.

1. Экометрический первичный метод

1.2. Сущность экометрического первичного метода

В настоящем разделе мы остановимся на краткой характеристике лишь первичного экометрического метода, поскольку экометрический интегральный из-за своей сложности не может быть рекомендован для использования при проведении фенологических наблюдений обучающимися. Главная задача элементарного наблюдения при первичном экометрическом методе заключается в нахождении точки x , лежащей на предельной линии, разграничивающей точки с различным фенологическим состоянием объекта. Допустим, что наблюдения проведены в двух точках. В одной из них объект находится в фенологическом состоянии «а», в другой - в «б». На прямой, соединяющей точки (а) и (б), мы должны найти точку x , относящуюся к линии, которая разбивает территорию на зоны с различным фенологическим состоянием объекта (в нашем примере на зону точек (а) и зону точек (б)). Аналогично первичным методам - регистратору срока и описательному, не имея информации о том, что располагается между (а) и (б), мы допустим наименьшую из возможных максимальных ошибок, если предположим, что искомая точка x лежит в середине интервала (а-б). Чем меньше расстояние между точками обследования, тем точнее наблюдение.

Рис 1. Правило двойного отсчета.

Элементарное наблюдение первичным экометрическим методом дает мало информации. Для разделения площади на зоны с различным фенологическим состоянием объекта необходима система элементарных наблюдений, что осуществляется путем экометрических съемок.

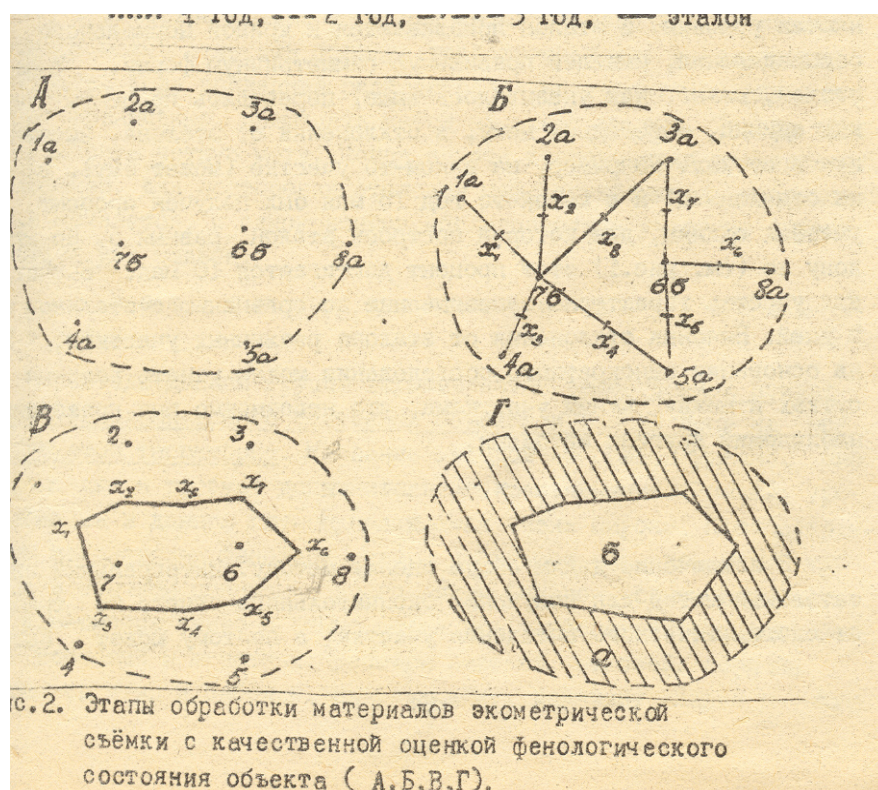
2.2. Методика проведения экометрических съемок

Съемки могут быть сплошными и маршрутными. Сплошные съемки возможны только при равномерном распространении объекта. Из неорганической природы объектами для сплошных съемок могут быть снежный покров, почва. Для растений также возможно проведение сплошных съемок, если какой-то вид равномерно и в большом количестве встречается по всей территории. Если же объект распространен неравномерно, но все-таки в достаточном количестве, можно проводить маршрутные экометрические съемки. При сплошных экометрических съемках точки располагаются в геометрическом порядке на одинаковом расстоянии друг от друга; при маршрутных - их расположение обуславливается выбранным маршрутом и встречаемостью объекта.

Во время проведения съемки в полевых условиях заполняет дневник съемки, в котором записываются результаты наблюдений и абрис съемки, где показывается в масштабе взаимное расположение точек. Лучше, если для этих целей имеется топографическая основа. Точка при экометрических съемках - понятие условное, под ней подразумевается та площадь, с которой взят отчет о фенологическом состоянии изучаемого объекта.

Рассмотрим этапы камеральной обработки материалов съемки. При этом возможны два случая: 1) наблюдения в точках по маршруту проводятся лишь с качественной оценкой фенологического состояния объекта, 2) результаты наблюдений получены в виде цифр. На рис.2 показана последовательность обра-

ботки материала для первого случая. Сначала на абрис около каждой точки наносятся результаты наблюдения; в нашем примере фенологическое состояние (а) или (б) (см. рис.2А). Затем соседние точки соединяются прямыми линиями и каждая пара анализируется (см. рис.2Б). Задачей каждого элементарного наблюдения при первичном экометрическом методе, как указывалось выше, является нахождение предельной точки x , лежащей на линии, которая разграничивает 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 нулевой гипотезе точки x лежат в серединах интервалов, получившихся между точками обследования. Найденные таким образом точки $x_1, x_2, x_3 \dots x_8$ соединяются и образуют искомую предельную линию (см. рис. 2), разбивающую территорию на две зоны с различным фенологическим состоянием объекта. Полученные зоны заштриховываются или раскрашиваются в соответствии с выбранными условными обозначениями (см.рис рис. 2, Г).



Второй случай обработки результатов экометрической съемки с количественными показателями, рассмотрим на обработке фрагмента сплошной съемки по глубине снежного покрова. В полевых условиях промеры глубины снега производятся снегомерной рейкой с точностью до 1 см. Расстояние между участками съемки рекомендуем 3-5 м. Такое же расстояние должно выдерживаться и между промерными линиями. Первый этап камеральной обработки заключается в нанесении фактического материала на абрис (рис. 3, А). Затем оценивается цифровой разброс результатов промеров. В нашем случае наименьшая глубина 26 см., наибольшая - 58 см. Для разбивки территории на зоны надо выбрать значения изолиний. Обычно их выбирают, кратными 10 или 5. В данном случае целесообразно взять изолинии 30, 40 и 50 см. Проведение изолиний, соединяющих точки с одинаковой глубиной снежного покрова, осуществляется методом интерполяции. Предполагается, что глубина снега от точки к точке изменяется равномерно. На самом деле это далеко не так. Однако мы не располагаем никакой дополнительной информацией по данному поводу. При проведении изолиний для контроля всегда надо помнить, что по одну сторону изолинии располагаются значения, большие ее по величине, а по другую - меньшие (см. рис. 3, В). Последним этапом обработки результатов съемки является составление шкалы глубины снега и раскраска или штриховка карты в соответствии с ней (см. рис. 3, В).

Экометрические методы отличаются от других фенологических методов своей ярко выраженной географичностью. Они достаточно сложны, но дают интересный материал для характеристики природы, а потому могут быть рекомендованы для феномониторинговых работ. Так, экометрический метод может быть использован в экологическом картировании. Например, могут быть составлены карты, отражающие влияние близости промышленных предприятий на различные параметры природной среды:

- запыленность (по смыву с листьев древесных и кустарниковых пород или по количеству твердого сухого остатка после выпаривания проб снега);
- рост и развитие растений;

- количество и жизнеспособность животных.

2. Фенологическое картографирование

Основными справочными документами, выявляющими закономерности пространственного размещения сроков наступления сезонных явлений природы и других показателей сезонной ритмики ландшафтов и их компонентов, являются фенологические карты. Значение их не ограничивается только справочной ролью. Они снабжают исследователя мощным научным методом сравнения явлений в хронологическом и динамическом отношениях.

Динамика сезонных процессов на фенологических картах обычно изображается изолиниями – изофенами, соединяющими местности с одинаковыми сроками наступления сезонных явлений или одинаковыми значениями других фенологических показателей.

Широко известны фенологические карты, показывающие поступательное движение весной и летом с юга на север (в северном полушарии), а осенью – с севера на юг отдельных сезонных явлений: весеннего схода снежного покрова, прилёта гусей, пыления орешника, зеленения берёзы, начала цветения липы, созревания озимой ржи, окрашивания листьев (рис 4), полного осеннего пожелтения лиственницы, сроков замерзания рек и т.п. Объектами фенологического картографирования могут быть также сложные компоненты географической оболочки – фитоценозы, биогеоценозы и ландшафты в целом. Так, например, составляются карты сроков поспевания луговой и степной растительности для скармливания скоту или для сенокоса, сроков оживления и выгорания пустынной растительности и т.п. Сезонную динамику ландшафтов характеризуют карты сроков наступления сезонов и их подразделений. Современные фенологические карты ценозов и геосистем составляются путём использования соответствующих индикационных явлений.

Феносиноптические карты характеризуют сезонное состояние значительной территории на одну и ту же календарную дату. На одну карту – основу на-

носятся одновременные (синхронные) изофены целой серии разных индикационных сезонных явлений (например, сход снежного покрова, возобновление вегетаций озимых, поспевание почвы для полевых работ, сев яровых, цветение садов и т.д.), свидетельствующие о том, какой ступени сезонного развития достигла та или иная часть картируемой территории. Образец феносиноптической карты южной части СССР на 10 апреля 1971 г. Представлен на рис. 5.

Одним из распространенных вариантов фенологических карт являются *карты феноаномалий*, то есть отклонения сроков сезонных явлений от их средних многолетних сроков. На их изолиниями соединяются пункты с одними и теми же значениями отклонений от средних многолетних сроков на некоторое календарное число. Анализ составляемых через известные промежутки карт феноаномалий дает возможность охарактеризовать пространственные особенности сезонной динамики природы на соответствующих территориях. Серии таких карт находят применение при оперативном обслуживании различных отраслей хозяйства, прежде всего сельского; они играют большую роль при составлении прогнозов. Вместе с тем анализ пространственной динамики феноаномалий за ряд лет является существенным методом выявления присущей этой динамике закономерностей.

ПОЛНОЕ ОКРАШИВАНИЕ ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ

Сроки наступления явления

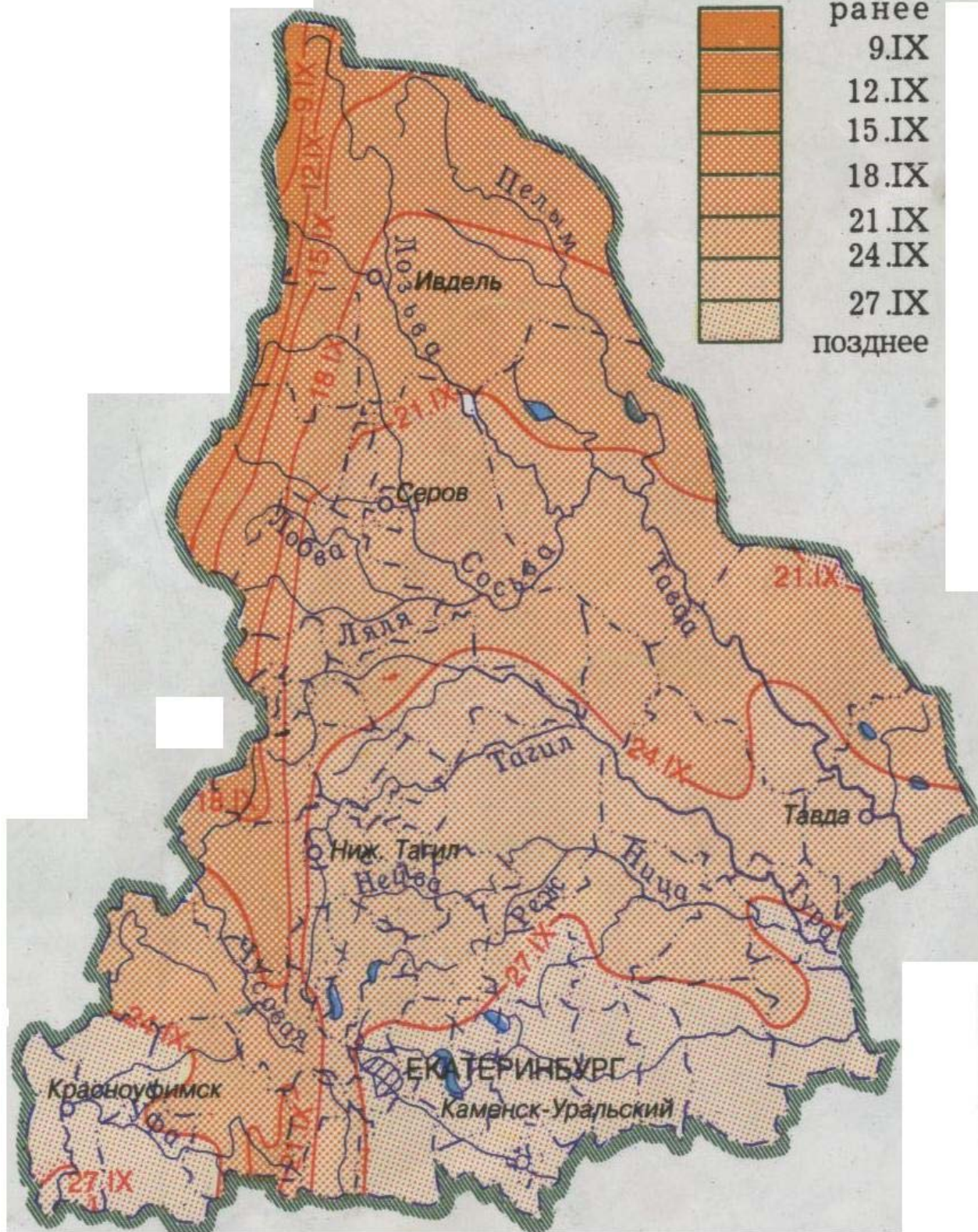
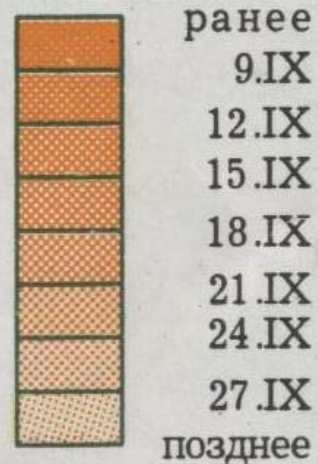


Рис. 4 Пример фенологической карты с использованием изофен (Атлас Свердловской области, 1997).



Рис. 15. Феносиноптическая карта южной части СССР на 10 апреля 1971 г. (По данным Гидрометцентра СССР).

Границы: 1 — снежного покрова, 2 — возобновления вегетации озимых зерновых культур и многолетних трав и набухания почек у плодовых культур, 3 — спелой почвы, 4 — сева ячменя, 5 — цветения садов (на Украине и на Северном Кавказе — персика), 6 — всходов ярового ячменя, 7 — выхода в трубку озимой пшеницы.

Рис. 5. Пример феносиноптической карты (Шульц, 1981).

Используемая литература.

Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992

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 - Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000

Куприянова М.К., В.А.Батманов – основатель нового направления в фенологии / Фенологические методы в научных исследованиях и школе. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.А.Батманова, 16 декабря 2000 - Екатеринбург, 2001 – 8 – 17с

Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000

ЛЕКЦИЯ 7

РАЗДЕЛ III. ОСНОВЫ ФИТОФЕНОЛОГИИ.

Тема 1. ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ ФИТОФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ.

1. Основные понятия фитофенологии.

Цикл сезонного развития высших растений состоит из сменяющих друг друга этапов, по мере прохождения которых растение претерпевает закономерные морфологические изменения. Каждый морфологически отличный этап сезонного развития растения называется *сезонной (фенологической) фазой* развития. С сезонными фазами не следует смешивать стадии развития растений, под которыми в советской ботанической литературе понимаются разнородные по отношению к факторам среды этапы онтогенеза растений. Наблюдения над сезонными морфологическими изменениями растений называются *фитофенологическими наблюдениями*. Ради краткости далее будет применяться более общий термин: фенологические наблюдения. При обычных фенологических наблюдениях принимаются во внимание легко отмечаемые визуально, т. е. без применения оптических приборов, морфологические изменения.

Некоторые сезонные фазы отдельного растения наступают постепенно, например окончание прироста побегов, созревание некоторых типов плодов, осеннее отмирание листвы. Для регистрации дат наступления или окончания этих фаз приходится устанавливать условные границы. Системы обязательных для всех исследователей условных границ постепенно наступающих сезонных фаз не существует, и по этому вопросу нет единого мнения. Необходимо общая регламентация такого рода границ. Другие фазы у отдельного растения начинаются или заканчиваются скачкообразно, например, начало и конец цветения, облиствения, созревания ряда типов сухих плодов. Календарные даты начала и конца таких фаз, нередко называемых фенодатами, отме-

чаются точно. Большое значение в ботанических исследованиях приобретает изучение сезонной ритмики подземных органов растений. Такого рода изучение требует применения особых методических приемов.

В умеренном и холодном климатических поясах годичный цикл развития растения подразделяется на вегетационный период и период зимнего покоя. Под вегетационным периодом летнезеленого растения понимается период от прорастания семян или начала различных невооруженным глазом ростовых явлений весной до его полного отмирания (однолетники) или до отмирания надземных органов или листьев (летнезеленые многолетние травы, листопадные деревья и кустарники). Под вегетационным периодом зимнезеленого растения условно понимается период от выхода его из-под снега и до ухода осенью под устойчивый снежный покров (травы и кустарнички) или от весеннего перехода среднесуточных температур воздуха к устойчивым положительным значениям до осеннего перехода к отрицательным значениям (деревья и кустарники). Условность такого определения состоит в том, что многие микротермные растения способны вегетировать и при отрицательных среднесуточных температурах воздуха, если дневные максимумы выше нуля, а многие мезо- и мегатермные растения начинают вегетацию не при 0° , а при различных специфических для каждого вида пороговых значениях температур от 0 до 15° и выше.

Биологическое понятие вегетационного периода растения не следует смешивать с агрометеорологическим показателем «вегетационный период», под которым метеорологи, а вслед за ними нередко агрономы и лесоводы понимают периоды теплой половины года со среднесуточной температурой воздуха (по наблюдениям в метеорологических будках) выше пороговых значений. За температурные пороги вегетационного периода разные авторы принимают 0 , $+5$, $+10^{\circ}$.

В периоде зимнего покоя растения пребывают без видимых невооруженным глазом проявлений роста и новообразования органов, хотя обмен веществ и дифференциация зачатков органов, а у зимнезеленых

фанерофитов и ассимиляция, в сильно ослабленной степени могут проявляться и зимой. У некоторых растений зимний покой — вынужденный. При отсутствии мороза такие растения вегетировали бы в течение всей зимы. У большинства растений умеренной и холодной климатических зон в конце осени и начале зимы покой — органический, а в середине или конце зимы становится вынужденным. У однолетников один вегетационный период соответствует всему периоду активной жизни. Жизненный цикл двулетников, включая и озимые растения, охватывает 2, малолетников 3—4, многолетников свыше 4 вегетационных периодов. Годичный цикл растений с возрастом испытывает изменения. В практике фенологических наблюдений обычно различают три возрастные группы, над которыми наблюдения проводятся отдельно: растения первого года жизни, ювенильные растения — со второго года жизни и до вступления в пору плодоношения, взрослые растения — с поры вступления в плодоношение.

2. Фенологические фазы

Вегетационный период взрослого семенного растения по сложившейся традиции делился на пять крупных сезонных фаз или фенофаз: вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения и отмирания. В качестве шестой фазы понимался период зимнего покоя.

В современных работах эти шесть фаз обычно трактуются как группы сезонных фаз, более дробных. Фазы нередко подразделяются на подфазы. Иерархия групп фаз, фаз и подфаз не установилась. Вот почему единообразная трактовка этих понятий соблюдается не всегда. Следует различать два цикла: фазы развития вегетативных органов и фазы развития генеративных органов. В разных систематических группах высших растений и у представителей разных жизненных форм морфология сезонного развития, а следовательно, и фаз развития различ-

на. Во второй части темы рассмотрены системы фенофаз, разработанные для разных жизненных форм и экологических групп высших растений.

2.1. Цикл вегетативных фаз

В сезонном развитии вегетативных органов типичных высших растений внетропических зон можно выделить четыре группы фаз: весеннего возобновления вегетации, отрастания побегов, летней вегетации и отмирания вегетативных органов.

Фа з ы в е с е н н е г о в о з о б н о в л е н и я в е г е т а ц и и. К этой группе у древесных растений относятся *фазы весеннего плача, набухания и распускания почек*; у травянистых многолетников — *распускания почек возобновления, появления ростков* (до распускания листьев) либо нераспустившихся первых листьев (многие однодольные, зонтичные и др.); у растений первого года жизни — всходы до распускания первых настоящих листьев. Как справедливо отметили З. Г. Беспалова и И. В. Борисова (1963), эта группа фаз качественно отличается от последующих тем, что питание растения в этот период происходит еще целиком за счет запасов. У зимне-зеленых растений, у которых листья начинают ассимилировать сразу после схода снега или после перехода температуры воздуха через нижний температурный порог вегетации, весеннее возобновление вегетации, как качественно отличная группа фаз, отсутствует.

Фа з ы о т р а с т а н и я п о б е г о в. В отличие от многих форм тропических и субтропических растений у внетропических растений, как правило, ежегодный прирост побегов у деревянистых и отрастание травянистых растений, как правило, сезонно фиксированный и относится к первой половине вегетационного периода. В силу неодновременного развития многообразных типов вегетативных побегов [главный и боковые разного порядка, ветвления, удлиненные и укороченные побеги возобновление на генеративных побегах и т. д.] фазы отрастания побегов у разных биоморф

протекают различно. У древесных — это *фазы облиствения и роста побегов*; у многих многолетних трав группа фаз отрастания побегов заключает в себе фазы кущения, стебления и облиствения; у монокарпиков в годы, предшествующие цветению, она нередко состоит из одной фазы — отрастания листьев.

Начало фаз отрастания побегов у облиственных растений следует считать со дня начала облиствения, внепочечного роста их побегов. Конец этой группы фаз устанавливается по концу прироста побегов или, в случае укороченных побегов, по концу новообразования листьев. Точные даты конца прироста побегов могут быть установлены систематическими измерениями их длины. В целях упрощения наблюдений нередко конец прироста побега определяется по заложению верхушечной почки. С этого момента новые листья на терминальных побегах не образуются. Между окончанием прироста побега и заложением верхушечной почки существует довольно тесная, но все же не полная временная корреляция. При наблюдениях над приростом следует отмечать число сформированных междоузлий и время начала ветвления молодого побега, если он ветвится.

У растений зон тайги и тундры обычно за сезон наблюдается один период прироста. *Аномальные случаи вторичного прироста* у ели и некоторых кустарников этих зон в отдельные годы следует отмечать особо. У некоторых растений широколиственных лесов вторичный прирост (например, «Ивановы побеги» у дуба) наблюдается нередко. На границе с субтропиками у некоторых видов отмечается более 2 приростов за сезон. Каждый из них регистрируется отдельно. Регистрация роста побегов и стволов в толщину требует специальной аппаратуры и соблюдения ряда методических требований и выходит, таким образом, за рамки обычных фенологических наблюдений.

К фазам отрастания побегов следует отнести и фазу вызревания побегов, т. е. достижение ими полной дифференциации тканей, свойственной

вполне сформированным побегам. Визуально эта фаза отчетливо регистрируется у древесных растений.

Фазы отрастания побегов могут быть разбиты на подфазы. Например, в программе фенологических наблюдений над деревьями и кустарниками С. Я. Соколова (1952) фаза отрастания осевых органов побега разбита в зависимости от степени завершенности прироста и вызревания побега на 7, а фаза облиствения — на 6 подфаз. Степень дробности фенологических фаз определяется задачами исследования. Одним из элементарных звеньев развития побега, при изучении его на организменном уровне, является образование одного узла: листа и междоузлия. Время, необходимое для образования одного узла, получило название «пластохрона». Пластохрон может служить единицей «биологического времени». Пластохроны сильно варьируют от погодных условий. У разных видов они обычно не равны друг другу.

К фазам отрастания побегов относятся также свойственные сдельным группам растений фазы образования специальных органов — опорных, защитных, ловушек, а также органов вегетативного размножения — корневых и корневищных отпрысков, плетей, выводковых луковичек и клубеньков и т. д.

Фаза летней вегетации занимает период между концом отрастания вегетативных побегов и подготовкой к зимнему покою. У древесных растений эта фаза начинается, когда прирост побегов в основном закончен и молодая листва достигла полного развития, а у травянистых растений — восстановился травостой. Пластические вещества используются преимущественно на образование органов размножения и отложение запасов: у многих видов образуются клубни, луковицы, корнеплоды и иные емкости запасных веществ. Фаза летней вегетации иногда может прерываться повторными приростами.

В аридных условиях фаза летней вегетации нередко переходит фазы летних полупокоя и покоя.

Фаза летней вегетации хотя и типична для внутропических высших растений, но не является всеобщей. Имеются экологические группы растений, продолжающие интенсивный прирост побегов до осени. К ним относятся большинство лиан и вьющихся растений, некоторые деревья и кустарники (например, *Symphoricarpos*).

Ф а з ы о т м и р а н и я в е г е т а т и в н ы х о р г а н о в .

Однолетники, за исключением семян, ежегодно отмирают целиком. У всех остальных растений ежегодно отмирают все или часть листьев или побегов. Во внутропических зонах это отмирание приурочено к периоду подготовки растений к зимнему покою, а в аридных зонах также к засушливому летнему периоду. Особняком стоит отмирание весной перезимовавших листьев у многих зимнезеленых растений. В этом случае старые листья используются, по-видимому, в качестве запасных органов для быстрого отрастания биологически более активных молодых побегов. Следует различать два случая отмирания органов: насильственное, вызванное гибелью от морозов, засухи и иных вредных явлений, и спонтанное, наступающее до наступления губительных внешних условий, являющееся приспособлением к возможно более без-болезненному перенесению неблагоприятных сезонов.

У листопадных древесных растений гумидных внутропических зон спонтанное отмирание листьев принимает форму осеннего расцвечивания — изменения их зеленой окраски на осеннюю и следующего за этим листопада. Осеннее расцвечивание листьев типичный пример постепенно начинающейся фазы. Если стоит задача количественно сопоставлять ход расцвечивания листы у разных экземпляров, форм или видов деревьев или кустарников либо у одной формы в разных точках, необходимо условиться, о регистрации отдельных моментов процесса, которые можно отметить достаточно точно. Начало фазы, наступающее постепенно, мало пригодно для этой цели. Простейшими, удобными для точной регистрации моментами являются зацветание, полной расцвечивание и конец листопада. Зацветание отмечается тем днем, когда на глаз половина листьев дерева или кустарника пожелте-

ла, а половина сохранила зеленый цвет. Полное расцветивание отмечается тем днем, когда все листья в кроне растения изменили летнюю окраску, при этом единичные листья, сохранившие зеленый цвет (если они на общем изменившем зеленую окраску фоне не выделяются), во внимание не принимаются. Полное расцветивание у летнезеленых растений соответствует концу ассимиляционного и одновременно вегетационного периодов. Конец листопада отмечается днем, когда осыпались все листья или на растении сохранились только засохшие листья У деревьев и кустарников с двумя или больше генерациями листьев за сезон осеннее отмирание листьев проходит разновременно У зимнезеленых деревьев и кустарников также ежегодно наблюдается сезонно фиксированное отмирание листьев старшего возраста. Сроки начала и конца их расцветивания и листопада регистрируются обычным способом.

У травянистых летнезеленых растений отмирание надземных органов происходит по-разному. У одних, например у большинства эфемероидов, осеннее отмирание также проходит две фазы: сначала расцветивание листьев, а затем окончательное отмирание побегов. У других это отмирание, выражающееся в засыхании побегов, наступает без предварительной фазы расцветивания. Листопада в форме, свойственной деревьям и кустарникам, у трав не наблюдается. У них побеги отмирают целиком. Отмирание листьев и осевых органов не всегда происходит одновременно. Отмирание листьев на побегах идет, как правило, в акропетальном направлении, но из этого правила имеются исключения.

2.2. Цикл генеративных фаз

О т р а с т а н и е г е н е р а т и в н ы х п о б е г о в . В качестве самостоятельной фазы наблюдается лишь у растений со специализированными генеративными и генеративно-ростовыми побегами. У растений со специа-

лизированными оперативными побегами, с цветоносами без зеленых листьев или несущими небольшое количество недоразвитых зеленых листьев фаза отрастания генеративных побегов быстро сменяется фазой бутонизации. Фаза отрастания генеративных побегов наиболее отчетливо наблюдается у растений со специализированными генеративно-ростовыми побегами, морфологически отличающимися от вегетативных, но несущими под цветками или соцветиями настоящие зеленые листья. Такого рода побеги широко распространены среди древесных и травянистых растений. Особенно характерны они для розеточных и полурозеточных растений, у которых фаза отрастания генеративных побегов часто называется стеблением, у злаков — фазой выхода в трубку. У растений с неспециализированными генеративно-ростовыми побегами, отличающимися от вегетативных только наличием аксиллярно расположенных соцветий или цветков, отрастание генеративно-ростовых побегов морфологически не отличается от отрастания чисто вегетативных побегов и как самостоятельная фаза не отмечается.

Б у т о н и з а ц и я . Начало бутонизации отмечается тем днем, когда бутоны, освобождаясь от покровов, становятся заметными невооруженным глазом. У колосовых злаков и осок фаза бутонизации называется колошением, а у метельчатых злаков — выметыванием. В фазе бутонизации обычно различают *две подфазы: плотных (или молодых) и рыхлых (или зрелых) бутонов,* растений со сложными соцветиями (сережки, початки, корзинки) следует различать формирование зачатков соцветий и самих цветков. Тычиночные сережки некоторых деревьев и кустарников (береза, ольха, орешник-лещина) и зачатки соцветий у некоторых других видов кустарников (городовина) формируются в год, предшествующий цветению, а генеративно-ростовых побегах следует отмечать число междоузлий с листьями до первого цветка или основания соцветия. При биологических исследованиях важное значение приобретает изучение сроков заложения и эмбриональ-

ной дифференциации зачатков генеративных органов. Методика такого рода исследований описывается в специальных работах.

Цветение. Методически безупречным определением начала цветения служит установление сроков созревания пыльников и рылец. Созревшие пыльники растрескиваются и выделяют пыльцу, а созревшие рыльца раскрываются и становятся клейкими. Пыльники и рыльца часто созревают неодновременно (протандрия и протогиния). Двуполый цветок считается вступившим в цветение в тот день, когда у него созрели либо пыльник либо рыльца. При углубленных исследованиях созревание пыльников и рылец следует отмечать отдельно. Это указание является обязательным при изучении цветения одно- и двудомных растений. Разные виды растений цветут в определенные часы суток.

При упрощенных фенологических наблюдениях начало цветения растений с развитым околоцветником определяется по раскрытию первых, но не единичных околоцветников. Раскрытие околоцветников в большинстве случаев тесно коррелирует с созреванием тычинок и рылец, и потому раскрытие околоцветников, как признак начала цветения, может быть вполне рекомендован. При углубленных исследованиях следует все же отдавать предпочтение прямому определению созревания пыльников и рылец.

Для растений умеренной и холодной климатических зон характерно однократное цветение вида за сезон. Однако имеются виды, цветущие в конце лета — начале осени вторично. В отдельные сезоны *вторичное цветение* охватывает довольно широкие круги видов. На юге некоторые виды, например чай, образуют за сезон несколько циклов цветения. Наблюдения над каждым циклом цветения проводятся отдельно. Со вторичным цветением не следует смешивать длительный цикл основного цветения, продолжающийся у некоторых видов до конца лета—начала осени. Таково цветение ряда видов шиповника, ежевики, снежника, некоторых многолетних видов клевера, вероники и др.

Следует еще упомянуть, что у монокарпиков цветение и плодоношение происходит один раз в последний год жизни, а у поликарпиков, по достижении зрелости, — ежегодно в течение ряд лет. В отдельные неблагоприятные годы цветение взрослых поликарпиков может выпадать. Это фиксируется записью «цветения не было», с указанием причины, если она известна.

Фазы бутонизации и цветения могут быть разбиты на подфазы с разной степенью дробности. В некоторых случаях, как например в деле борьбы с вредителями плодовых садов, когда опрыскивания и опыливания ядохимикатами приходится приурочивать к строго определенному этапу сезонного развития деревьев, дробность подфаз очень велика и устанавливается в зависимости от целей и условий конкретного исследования.

Плодоношение. Начальной подфазой плодоношения следует считать завязывание плодов, отмечаемое обычно сразу вслед за отцветанием по начавшей увеличиваться завязи. Важнейшей подфазой плодоношения является созревание плодов, визуально отмечаются внешние изменения плодов, более или менее тесно коррелирующие с биологическим созреванием семян. Каждому типу плодов свойственны свои внешние признаки созревания. Сухие растрескивающиеся плоды считаются созревшими в момент растрескивания. У зерновок отмечается восковая спелость. У семянков созревание проявляется в виде изменения окраски кожуры. Многие сочные плоды считаются созревшими, когда примут «зрелую» окраску и станут мягкими. Съедобные плоды при этом становятся годными в пищу. С нормальным созреванием плодов нельзя смешивать кажущееся созревание, наступающее несвоевременно при заболеваниях и повреждениях плодов. Такие плоды обычно опадают раньше времени.

В умеренной и холодной зонах созревание плодов у поликарпиков, как правило, происходит один раз в сезон. В затянувшиеся теплые сезоны у отдельных видов (например, малины) иногда наблюдается вторичное со-

зревание. На юге для некоторых видов повторное и даже многократное созревание становится нормой. В некоторые неблагоприятные годы плодоношение взрослых поликарпов может выпадать. Это отмечается записью «плодоношения не было».

Обсеменение. Начало этой фазы в типичных случаях определяется по появлению под соответствующими растениями на земле первых, но не единичных опавших зрелых семян или плодов: у растений типа одуванчика — по первым облетевшим головкам, типа ив и тополей — по первым летучкам в воздухе. Следует отмечать начало расклевывания птицами плодов с зоохорными семенами и поедания или растаскивания их другими животными. Важно регистрировать и *конец обсеменения*, наступающий у одних видов через несколько суток после начала рассеивания, у других растягивающийся на всю зиму. Этот момент устанавливается или по опадению всех плодов, или по наличию на растении только пустых плодов.

Проведение фенологических наблюдений по указанной схеме дает возможность определить, помимо сроков вегетационного и ассимиляционного периодов, сроки других биологически важных этапов сезонного развития растения: периодов покоя, прироста побегов, листообразования, отмирания листвы, цветения, созревания плодов, плодоношения.

3. Особенности сезонного развития растений разных феноритмотипов.

3.1. По характеру ритма развития растения можно отнести к четырем типам или, по мнению И. В. Борисовой, к **феноритмотипам**.

1) Вечнозеленые растения, чаще встречающиеся в лесу, по опушкам; роль их в сложении травостоя лугов невелика.

К вечнозеленым растениям относятся виды с листьями, живущими 14—16 месяцев и больше, например: хвойные деревья *Pinus silvestris* L, *Juniperus*

communis L., кустарнички *Calluna vulgaris* (L.) Hill, *Vaccinium vitis idaea* L., *Empetrum nigrum* L., *Arctostaphylos uva ursi* (L.) Spreng. и травянистые многолетники — виды *Pyrola* L., *Hepatica nobilis* Gars., *Asarum europaeum* L., и др.

Особых отличий в прохождении фенологических фаз у вечнозеленых растений по сравнению с другими типами не наблюдается, особенно с летне-зимнезелеными растениями. Для растений этого феноритмотипа очень важно проследить длительность жизни листьев и сроки опадения их, что можно сделать только, этикетировав побеги и листья.

2) Летне-зимнезеленые растения с вынужденным зимним покоем несут зеленую листву в течение всего года, но в отличие от вечнозеленых развивают две генерации листьев, сменяющие друг друга в течение вегетационного периода. Среди них нет древесных форм, а только представители травяно-кустарничкового яруса: *Festuca pratensis* Huds., *Poa alpina* L., *Trifolium repens* L., *Trifolium montanum* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Taraxacum officinale* Wigg., *Carum carvi* L. и др. Это — самый распространенный феноритмотип на лугах, составляющий 60—70% всех видов.

Листья первой генерации разворачиваются весной и начинают отмирать в середине лета. Листья второй генерации образуются обычно после конца цветения и живут до весны, перезимовывая под снегом. Отмирают они после начала разворачивания листьев весенней генерации.

Летне-зимнезеленые растения представлены различными жизненными формами, но преобладают дерновинные [*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.] и корневищно-дерновинные (*Poa pratensis* L., *Anthoxanthum odoratum* L. и др.) злаки. Кроме того, много короткорневищных [*Antennaria dioica* (L.) Gaertn.], длинностержнекорневых (*Centaurea jacea* L.), надземнотелющихся (*Hieracium pilosella* L.), кистекорневых (*Ranunculus acer* L.) и других растений.

Поскольку формирование вегетативных органов у летне-зимне-зеленых растений своеобразно, нужно обязательно отмечать начало и конец вегетации листьев и побегов первой (весенней) и второй (летней) генерации отдельно. Следует иметь в виду, что часть листьев второй генерации у некото-

рых видов отмирает осенью, не перезимовывая, что также должно быть отмечено.

3) Летнезеленые растения с зимним покоем. Среди них, как и среди летне-зимнезеленых, нет древесных форм, а только представители травяно-кустарничкового яруса. Растения этого типа имеют меньшее распространение, чем предыдущий тип, и составляют, например, 30—40% числа всех видов в травостое лугов.

К этому феноритмотипу относятся как многолетние, так и одно- и двулетние травянистые растения. Сюда принадлежат дерновинные травянистые многолетники (*Carex muricata* L., *Juncus filiformis* L.), короткокорневищные (*Campanula glomerata* L.), длинностержнекорневые (*Heracleum sibiricum* L.), кистеконовые (*Ranunculus auricomus* L.) и др.

Растения этого типа перезимовывают в основном без зеленых листьев, иногда листья уходят под снег, но отмирают в течение зимы. У одних видов (*Lathyrus pratensis* L., *Trifolium medium* L., *Angelica silvestris* L., *Crepis tectorum* L., *Galium boreale* L., *G. uliginosum* L., *Heracleum sibiricum* L. и пр.) имеется только одна генерация листьев, у других — *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Leontodon autumnalis* L. две генерации (одна в мае, а вторая в начале августа). Последние уходят под снег с зелеными листьями, которые зимой отмирают.

4) Кратковременно вегетирующие весенне-раннелетние с периодом покоя в летне-осенне-зимнее время. Растения этого типа характерны главным образом для широколиственных лесов. Участие их в травостое лугов незначительно.

3.2. Особенности наблюдения фаз вегетативного цикла

Вегетация. Началом вегетации вечно- и зимнезеленых растений условно считают дату стаивания снега, а для растений пойменных лугов — спад весенних вод. Период до начала разворачивания почек обозначается

при наблюдениях — Вег . Наличие этого периода является характерной чертой данной группы растений.

Начало вегетации (вег₁) летнезеленых растений — это разворачивание почек и появление всходов (у однолетних). Настоящая фаза должна быть отмечена и для первых двух типов растений.

Есть сведения, что некоторые виды (калужница, канареечник) начинают рост еще под водой. Это обстоятельство следует иметь в виду и при возможности вести наблюдения в ранневесенний период регистрировать все случаи начала вегетации до спада воды.

Разворачивание и рост листьев (листообразование) (вег₂). Продолжительность этой фазы у различных видов варьирует; часто она бывает очень кратковременной.

После образования листьев у многих растений наступает период, когда ассимиляционный аппарат внешне не изменяется. Эта фаза называется *летней вегетацией* (вег₃).

Большинство травянистых растений лесной зоны продолжают вегетировать и после созревания и осыпания плодов. Эту фазу называют вегетацией после плодоношения (вег₄).

Фаза отмирания. *Началом фазы отмирания* является появление осенней окраски у отдельных листьев (от₁).

Массовое отмирание (от₂) отмечается, когда 50% листьев изменило летнюю окраску, *концом фазы отмирания* (от₃) считается момент, когда все надземные части высохли и побурели (у древесных и кустарниковых - опали).

Перед уходом под снег у зимующих с зелеными листьями или побегами растений должно быть отмечено фенологическое состояние генеративных и вегетативных побегов, а также побегов возобновления.

Обязательно следует тщательно наблюдать состояние всех видов весной после схода снега и спада полых вод и регистрировать все случаи перезимовывания с зелеными листьями.

Все фазы вегетативного цикла должны отмечаться для каждой генерации листьев отдельно. (Например, в один и тот же срок может наблюдаться разворачивание листьев этого года и отмирание листьев прошлогодней генерации). Это даст возможность проследить длительность жизни и развитие листьев каждой генерации.

3.3. Особенности наблюдения фаз генеративного цикла

На лугах и в травяном ярусе леса некоторые виды, иногда даже эдификаторные, часто остаются в вегетативном состоянии. В разные годы один и тот же вид может вести себя по-разному, в зависимости от погодных условий. Например, на заливных лугах в пойме рек цветение некоторых травянистых видов зависит от высоты и продолжительности полых вод. Так, в год с невысоким подъемом воды, когда часть поймы совершенно не заливается, *Sium latifolium* L. развивается лишь в виде вегетативных побегов, а после продолжительного разлива он обильно цветет. Необходимо для каждого вида отмечать количество (процент) особей (побегов), перешедших в генеративное состояние.

Отрастание цветonoсных побегов (оцп) — первая фаза в цикле генеративных фаз. У злаков она называется «выходом в трубку».

Бутонизация — вторая фаза из генеративного цикла, может быть разделена на три подфазы.

Начало бутонизации, бутоны едва заметные, еще зеленого цвета (бут₁), подфаза плотных бутонов (бут₂) — начинается окрашивание околоцветника, и подфаза рыхлых бутонов (бут₃). У злаков эта фаза называется, в зависимости от типа соцветия «колошение» или «выметывание» и подразделяется на три подфазы: начало колошения (кол₁) — колос или метелка чуть показались из влагалища верхнего листа, полное колошение (кол₂) — колос или метелка появились на $\frac{2}{3}$ своей длины, и конец колошения (кол₃) — колос или метелка целиком выколосились или выметались.

Наиболее короткий период (5—12 дней)⁹ от начала бутонизации (колошения) до начала цветения нами отмечен у *Luzula campestris* (L.) DC., *Anthoxanthum odoratum* L., *Festuca ovina* L., *Leondoton autumnalis* L. Более длительная фаза бутонизации (16—26 дней) у *Agrostis tenuis* Sibth., *Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv., *Festuca rubra* L., *Vicia cracca* L., *Plantago lanceolata* L., *Potentilla erecta* (L.) Hampe и др.

Фаза цветения. Делится на три подфазы: *начало цветения* (ц₁)— начиная с раскрытия первых одного-двух цветков; *полное или массовое цветение* (ц₂) отмечается при распускании на растении больше половины бутонов, в этой подфазе у некоторых видов обычно появляются завязывающиеся плоды; *конец цветения* (ц₃) — остаются раскрытыми единичные цветки.

Следует иметь в виду, что цветение у некоторых видов злаков очень кратковременно, и при редких посещениях участка легко может быть пропущено. Однако подсохшие пыльники сохраняются долго и даже в фазе плодоношения создают впечатление цветения. Это следует учитывать, и фазу цветения отмечать только во время пыления.

Другие растения, наоборот, имеют растянутую фазу цветения. Это может быть связано с биологическими особенностями вида: большое количество последовательно цветущих боковых побегов (у бобовых и разнотравья), длительное цветение отдельных соцветий (*Achillea millefolium* L., *Tanacetum vulgare* L.), формирование генеративных побегов в течение всего вегетационного периода (виды *Alchemilla* L., *Ranunculus acer* L.).

Вторичное образование бутонов и *вторичное цветение*. Иногда в конце лета и осенью при благоприятных метеорологических условиях происходит образование бутонов и вторичное цветение и даже созревание плодов у некоторых видов за счет преждевременного развития генеративных почек будущего года (*Fragaria vesca* L.).

Эти генеративные фазы и подфазы отмечают теми же обозначениями, как и основной генерации, с апострофом: бут₁', бут₂', бут₃', Ц₁', и т. д.

Погодные условия часто влияют на продолжительность фенофаз. В холодную, особенно в дождливую погоду бутоны долго не раскрываются, а при наступлении благоприятной погоды часто сразу начинается массовое цветение.

У злаков (анемофильных растений) резко выражена суточная ритмика пыления: одни пылят рано утром, другие — днем или вечером, некоторые цветут дважды — утром и вечером. Например, у *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) Mert. et Koch, *Anthoxanthum odoratum* L. главное пыление происходит утром, а дополнительное — вечером. Известно, что некоторые виды цветут в определенные часы (*Oenothera odorata* Jasq.), некоторые раскрывают цветки в вечерние или ночные часы (*Melandrium* Roeh).

Интересно провести наблюдения над суточной ритмикой раскрытия околоцветника и пыления у всех наблюдаемых растений.

При наблюдениях следует обращать внимание, к какому отряду принадлежат насекомые-опылители

Фаза плодоношения. Подразделяется на три подфазы: *завязывание плодов* (p_1) — характеризуется опадением околоцветника и набуханием завязи, у злаков — молочная спелость; *начало изменения окраски плодов* (p_2), у злаков — восковая спелость; *зрелые плоды* (p_3) — плоды приобретают свойственную им в созревшем состоянии окраску, сухие плоды подсыхают, сочные плоды становятся мягкими, у злаков — полное затвердение зерновок.

Продолжительность фазы плодоношения также различна. Например, с момента завязывания плодов до их созревания у душистого колоска, полевицы обыкновенной, овсяницы красной, кульбабы осенней проходит 10—15 дней, а у щучки дернистой, белоуса торчащего, щавеля кислого — 18—26 дней.

Установление сроков созревания семян имеет большое значение для сбора семян кормовых луговых трав. При наблюдениях желательно опреде-

лить косвенные признаки, указывающие на пригодность семян к уборке. Такими признаками у клевера, например, является подсыхание верхушек стебля, частичное подсыхание и опадение листочков, побурение головки; у некоторых злаков — пожелтение стебля, побурение метелки.

При наблюдениях желательно отмечать количество (процент) завязавшихся плодов. У многих лесных травянистых растений завязывается мало плодов (ландыш, майник, кислица, венерин башмачок и др.), поэтому иногда для наблюдений за плодоношением приходится выбирать новые модельные экземпляры.

Фаза обсеменения. Сроки прохождения этой фазы у различных растений очень варьируют; например, у *Arrenatherum elatius* (L.) Mert. et Koch она продолжается 2 дня, у *Anthoxanthum odoratum* L., *Leondoton hispidus* L., *Plantago lanceolata* L. — 7—10 дней, у некоторых растений семена не опадают до поздней осени, а иногда сохраняются и зимой (яблочки яблонь, крылатки кленов...). Часто фаза обсеменения очень непродолжительна (у растений с летучками, с растрескивающимися плодами и т. п.).

Фазу обсеменения подразделяют на подфазы: *начало обсеменения* (об₁) — от начала опадения первых семян; *массовое осыпание* семян (об₂) отмечается при опадении семян из большей части плодов и соплодий; *конец обсеменения* (об₃) — на растении сохраняются отдельные семена. Фазой обсеменения заканчивается цикл генеративных фаз.

Большой интерес представляет изучение фенологического развития луговых растений после скашивания. У некоторых растений поврежденные листья продолжают расти, у других они отмирают, но происходит разворачивание новых листьев; важно проследить отрастание новых побегов и особенно отмечать случаи образования генеративных побегов и цветения, что часто наблюдается, например, у *Alopecurus pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Ranunculus acer* L. Желательно наблюдения проводить одновременно на скошенном и нескошенном участках.

Используемая литература

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ –Новосибирск, изд. «Наука», 1974 – 154 с.
2. Борисова И.В. Сезонная динамика растительных сообществ / полевая геоботаника том 4 – Ленинград, Наука, 1974, с. 5 – 94
3. Булыгин Н.Е. Дендрология. Фенологические наблюдения над хвойными породами (учебное пособие для студентов лесохозяйственного факультета) – Ленинград, РИО ЛТА, 1974 – 84 с.
4. Елагин И.Н. Методика проведения и обработки фенологических наблюдений за деревьями и кустарниками в лесу // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов – Красноярск, 1975 - с. 3 – 20.
5. Елагин И.Н., Лобанов А.И. Атлас-определитель фенологических фаз растений – Москва, изд. «Наука», 1979 – 95с.
6. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях – Москва, «Наука», 1966
7. Минин А.А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. – Москва, изд. АБФ/АБФ, 2000 – 160 с.
8. Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка).
Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети – Ленинград, Наука, 1982

ЛЕКЦИЯ 8

РАЗДЕЛ III. ОСНОВЫ ФИТОФЕНОЛОГИИ.

Тема 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ.

ЧАСТЬ I. АСПЕКТ. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ КРИВЫЕ. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ.

В первой половине XX века помимо значения фенологии для прикладных целей было обосновано её значение для биологических наук, особенно для вновь развивающейся ветви – биоценологии, изучающей жизнедеятельность растительных и животных сообществ. Широкое распространение получило фитоцено-фенологическое направление, объект которого – растительные сообщества. На сегодня всеми признаны понятие «фитоценоз» и наука фитоценология, а в учебниках и монографиях по геоботанике и фитоценологии наряду с характеристикой структуры, состава растительного сообщества, рассматривается и его изменчивость, в том числе сезонная (Работнов, 1983, Шенников, 1964, Быков, 1957, Борисова, 1972 и др.). “Всякое более или менее углубленное изучение растительности необходимо начинать или сопровождать фенологическими наблюдениями. Без фенологии характеристика ценоза не полна, лишена освещения важного свойства ценоза – его ритма” (А.П.Шенников, “Введение в геоботанику”, 1964, с. 124).

В конце XX века изучение сообществ получило особенно широкое распространение. Одна из причин этого – актуальность комплексного системного подхода в решении научных проблем, когда изучаемое явление или объект необходимо рассматривать не только изолированно, но и во взаимосвязи с другими объектами или явлениями, совместно, как элементы единой системы. На сегодня в сообществах (в том числе растительных) признаётся не только взаимовлияние видов, создание ими особой среды, но и их совместная эволюция (ко-эволюция). Долгое время считалось, что “всё окружение вида можно назвать средой и описывать эволюцию, как приспособление каждого вида к среде, но

теперь почти всем ясно, что это не так. Рассмотрев эволюцию в её обычном, со времен Ламарка и Дарвина, понимании, то есть происхождение видов и иных таксонов», сегодня наука признает ту эволюцию, “о которой в прежних учениях говорилось только вскользь - эволюцию сообществ”. Не вид, а именно фитоценоз – единица пространственной организации растительного покрова, и единица его эволюции.

С этих позиций в фенологии важно не только изучение сезонного развития отдельных видов и даже не сезонного развития некоторых (например, доминантных) видов на фоне остальных, а важно знание о сезонном развитии фитоценоза в целом, как единого сложного организма, где каждый вид по-своему значим. На сегодня не стоит вопрос: “надо ли изучать фенологию растительных сообществ?” Необходимость этого давно доказана и теоретически, и практически. Вопрос ставится – «как наилучшим образом оценить сезонную динамику растительных сообществ». Арсенал методов здесь невелик – сезонные аспекты, фенологические кривые и фенологические спектры. Все они существовали уже с начала XX века и до сегодняшнего дня лишь видоизменялись, но принципиально не менялись.

1. Аспект.

Наиболее заметной чертой сезонных изменений фитоценоза является изменение его «внешности», то есть **красочного аспекта**. Описание смены аспекта – первый, простой и доступный метод характеристики фенологии фитоценоза. Недаром этот метод используют многие исследователи-фенологи

Различают сезонные аспекты общие и частые. Под общим аспектом ландшафта понимают его облик в целом. Под частным аспектом – общий вид какой-то части ландшафта. К общим аспектам ландшафта относятся зимний заснеженный аспект, осенний – весенний аспект «голой природы» после схода снега, но до той осени, предзимья; в пустынной зоне – пустынный аспект знойно – засушливого лета. Сюда же относятся аспекты арктического летнего дня и арктической зимней ночи.

Большое значение в фенологии имеют и частные аспекты: зеленение отдельных растительных сообществ на общем безжизненном фоне ландшафта – зеленение растительности оазисов весной и летом в аридных зонах, зеленение сообществ зимнезелёных растений (например, живородящего мятлика) зимой в условиях южных «вегетативных» зим; цветение отдельных растительных сообществ: аспект цветения калужницы вдоль берегов водоёмов. *Аспекты цветения* лугов и степей, фруктовых садов, городских парков, полей хлебных злаков, подсолнуха, клевера, люцерны и т.д.; созревание плодов в тех же фруктовых садах, на полях - хлебных злаков, на плантациях – хлопчатника и т.д.; осеннее расцветивание листвы в растительных сообществах из рано желтеющих видов на общем, ещё зелёном фоне ландшафта – можно указать на раннеосенние аспекты лесов и садов до всеобщего пожелтения фона ландшафта в целом, на аспект желтеющих нив на спаде лета, а также на аспекты скошенных лугов, сжатых перепаханных полей.

К категории частных аспектов относятся также *аспекты отдельных ярусов* в сложных многоярусных растительных сообществах: в кустарничковом ярусе лесов можно различить смену аспектов цветущих и плодоносящих кустов черники, брусники, и др., не совпадающую со сменой аспектов в древесном ярусе.

Реже частные сезонные *аспекты* ландшафтов создаются сезонными явлениями *неорганической природы*: весенние, летние или осенние половодья и разливы рек, размывы водной эрозией лощины, в аридных зонах – высохшие летом водоёмы, выцветы солей, а также частные аспекты, создаваемые пыльными бурями.

Известное значение имеют частные сезонные аспекты, создаваемые животными. Некоторое изменение в общем виде наших ландшафтов создает отлёт и прилёт «фоновых» перелётных птиц. Резко меняются сезонные аспекты «птичьих базаров» по берегам северных морей. Некоторую роль в формировании сезонных аспектов природы играют порхающие яркие бабочки, крупные жуки (майский хрущ, златки и др.), стрекозы. Существенно появление и исчез-

новение туч комаров и гнуса и случаи массового размножения вредителей полей и древесных насаждений: лугового мотылька, вредной черепашки, на юге – саранчи.

Вот пример описания красочного аспекта лесных сообществ юго-западных окрестностей г. Екатеринбурга отмеченного в середине мая.

«Аспект крон листопадных пород – легкая зеленая дымка, в том числе и у берез. В третьем ярусе светло-зеленые пятна злаков и осок, майника и черники, «ощетинившихся» вай орляка. Дополнительные краски вносят грязно-белый аспект цветущей кассандры, ярко- желтая калужница, розово-фиолетовые пятна медуницы и фиалки.»

Смены общих и частных сезонных аспектов геосистем играют большую роль в учении о естественных временах года. С переходом в дальнейшем от основных методов регистрации сезонного состояния природы к аэровизуальным наблюдениям с самолётов и вертолётот (и дистанционным наблюдениям с орбитальных ракет и космических станций) значение смен сезонных аспектов природы для фенологических исследований возрастает ещё больше.

Однако, определяющим стержнем в аспекте “являются немногие «ведущие» виды растений сообщества в их наиболее эффектных фазах развития, а невзрачные или немногочисленные виды и даже плохо заметные фазы доминирующих видов не получают достаточного отражения”. Насколько соответствует сезонное развитие доминант развитию сообщества в целом – этот вопрос требует дополнительных исследований. Хорошо известно, что для использования фенологических аспектов растительности при ведении наблюдений за ритмикой ландшафтов дистанционными методами, необходимы одно-, двухлетние предварительные исследования синхронности фенологических связей в сообществах (Шульц, 1977, Елагин, 1977, Елагин и др., 1985). Недостатком метода является и то что, выраженность того или иного аспекта может сильно варьировать по годам. “Описание красочных аспектов очень поверхностно, это только первая ступень познания сезонной изменчивости фитоценозов, вскрывающая лишь ничтожную часть содержания последней”.

2. Фенологические кривые.

Сегодня в эпоху компьютерных технологий, всеобщей математизации научных исследований необходим переход от качественных показателей к количественным, построению моделей изучаемых процессов (модели состояния, модели динамики), в том числе с прогностическими целями, что особенно актуально для фенологии. Этим требованиям вполне отвечает такой способ отражения сезонных изменений в растительных сообществах, как **“фенологические кривые”**. Для их составления учитывают все виды сообщества, находящиеся в той или иной фенофазе, используют числовые показатели (как абсолютные, так и относительные). При графическом изображении данных наблюдений этот способ очень нагляден.

Но метод фенологических кривых не удовлетворяет требованию комплексности, в том плане, что обычно исследователи используют одну-две из множества фенофаз годового цикла развития растений. Обычно это кривые цветения (рис.1), предложенные еще в 1910г В.Н.Хитрово. Они чаще всего встречаются в фенологических публикациях, изданных в России. Кривые цветения используется совместно с кривыми вегетации. Кривые четырех основных фенофаз (вегетация, бутонизация, цветение и плодоношение) встречаются реже. Широкий набор фенологических кривых применяют редко (рис.2).



Рис. 1. Кривая цветения травянистых сообществ в среднегорье западного Тянь-Шаня (Лынов,1981). По оси ординат – процент видов растений сообществ.

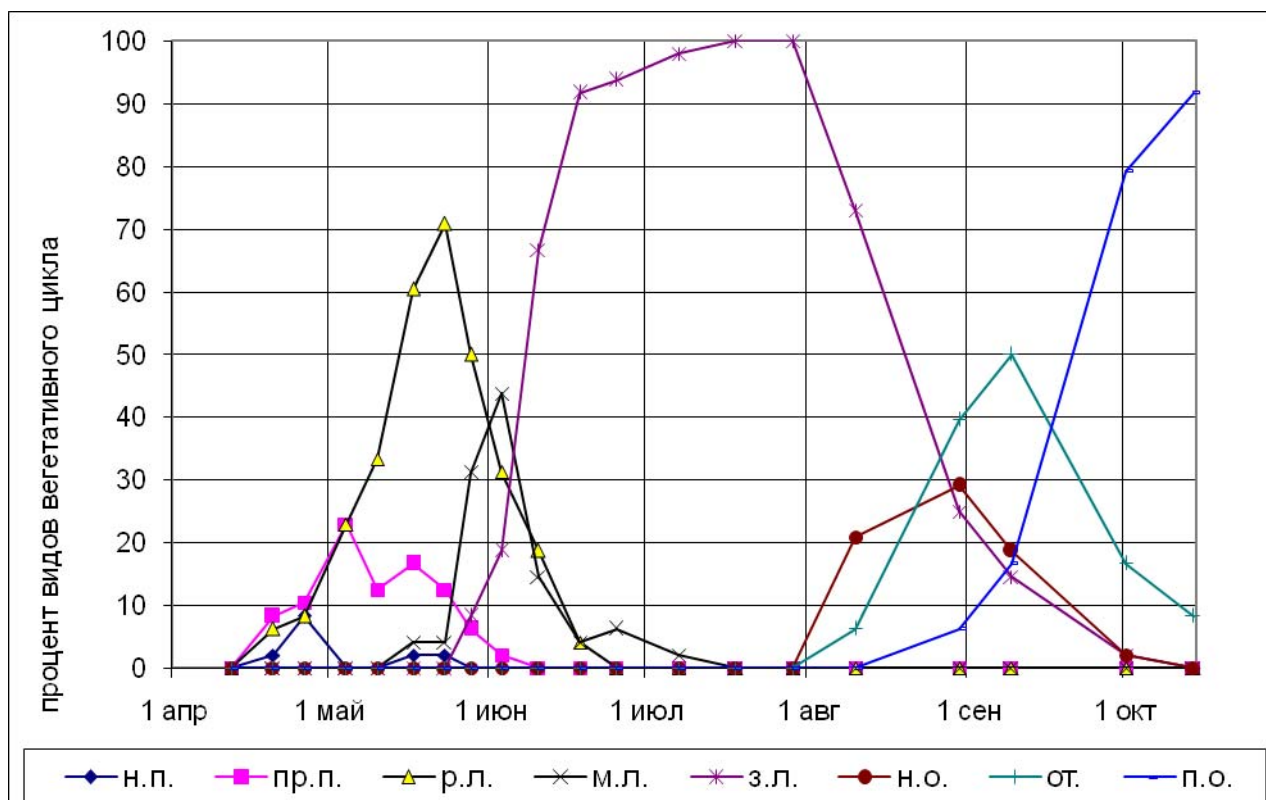


Рис. 2. Фенологические кривые вегетативного цикла ольшаника болотно-травяного (юго-западные окрестности г.Екатеринбурга, 1997г)

Условные обозначения. Фенофазы: «н.п.» - набухание почек, «п.п.» - проклюнывание почек, «р.л.» - рост листьев, зеленение, «м.л.» - молодой лист, «з.л.» - зрелая листва, летняя вегетация, «н.о.» - начало отмирания, «от.» - массовое отмирание, «п.о.» - полное отмирание.

3. Фенологические спектры.

Наиболее полные данные о фенологии фитоценоза позволяют получать **феноспектры** – сводные изображения сезонного развития всех видов сообщества в течение года (Бейдеман, 1979). Впервые они были даны ещё Д.Н.Кайгородовым. Более совершенные спектры составили Г.Гамс (1918), А.П.Шенников (1928), М.С.Шалыт (1946), И.Г.Серебряков (1961, 1962, 1963), И.Н.Бейдеман (1954) и др. Феноспектры получили широкое распространение в научной фенологической литературе; их использовали А.П.Шиманюк (Шиголев, Шиманюк, 1949), В.Ф.Шамурин (1960), И.Н.Елагин (1960, 1976), сотрудники Тебердинского заповедника (Онищенко, 1983), Т.А.Радченко при исследованиях в Висимском заповеднике (Дементьева и др., 1985), В.С.Жмыхова

(1983) в Центрально-Черноземном, Т.Г.Бойков в юго-западном Забайкалье (1991), Dierschke Hartmut (1995) в Германии, Cristurean I. и Cilarsoiu J. (1993) в Болгарии и другие исследователи. Феноспектры содержат информацию о фенологии каждого вида сообщества и о фенологическом состоянии всех видов фитоценоза на любую дату. Обратной стороной максимальной информативности феноспектров является их громоздкость, они сложны в плане обобщения и анализа данных. Феноспектры не имеют относительных количественных показателей, что затрудняет использование материалов при сравнении фитоценозов, особенно различных по видовому составу. Именно поэтому в литературе феноспектры крайне слабо анализируются и сравниваются.

ВИД	апрель		май					июнь				июль	
	20	26	4	10	17	23	28	3	10	18	25	7	18
ольха серая	0	3	5	5	5	5	6	6	6	7	8	8	9
	0	1	2	2	3	3	3	3	5	5	5	5	5
ожика волосистая	0	0	3	4	5	5	6	6	6	7	8	8	9
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	4	5	5
калужница болотная	1	1	2	2	4	4	5	6	6	6	7	8	9
	0	0	0	0	0	3	4	4	5	5	5	5	5
береза бородавчатая	0	0	0	1	4	5	5	6	6	6	6	6	6
	0	1	2	2	3	3	3	4	5	5	5	5	5
фиалка кочкарная	0	0	0	0	3	3	4	6	6	6	6	8	8
	0	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5
осока дернистая	0	0	0	1	3	4	5	5	6	9	9	9	9
	0	0	0	0	3	3	4	4	4	5	5	5	5
лютик многолистный	0	0	0	1	1	2	5	6	6	6	7	8	9
	0	0	0	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5
жимолость обькнов.	0	0	0	1	2	2	4	6	6	6	6	7	7
	0	1	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5
черемуха обькнов.	0	0	0	1	1	1	4	5	6	6	6	6	6
	0	1	2	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5
яблоня сиб	0	0	0	0	0	1	3	4	5	x			
	0	1	2	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5
смородина черная	0	0	0	0	0	0	1	4	6	6	6	6	7

	1	1	2	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5
седмичник европ.	0	0	0	0	0	0	1	4	4	5	x		
	0	0	0	2	3	3	5	5	5	5	5	5	5
вороний глаз	0	0	0	0	0	0	2	4	6	6	6	7	7
	0	0	0	0	2	3	5	5	5	5	5	5	5
рябина обыкновен.	0	0	0	0	1	1	1	2	3	6	6	6	6
	0	0	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
шиповник обыкновен.	0	0	0	0	0	0	1	1	4	5	5	5	6
	0	1	2	2	3	3	4	5	5	5	5	5	5
майник двулистный	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5	5	6	6
	0	0	0	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
гравилат речной	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	6	6
	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5
лютик ползучий	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	4	6	6
	2	2	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5
земляника лесная	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	6	7	9
	2	2	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
княженика	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	x	
	0	0	0	0	3	3	3	4	4	5	5	5	5
малина об.	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	5	6
	0	1	2	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5
крушина слабительн.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	6	6
	0	1	2	2	2	2	2	3	3	5	5	5	5
купырь лесной	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	6
	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5
линнея северная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	6
	0	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5
камыш лесной	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5
	0	0	0	0	0	0	0	3	3	5	5	5	5
крапива двудом.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6
	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5
незабудка болотная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
	0	0	0	0	3	3	3	3	5	5	5	5	5
таволга вязолистн.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3
	0	0	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5
бодяк полевой	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	0	0	0	0	3	3	3	3	5	5	5	5	5
кипрей болотный	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	5	5	5

дудник лесной	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5
ива козья	0	0	1	2	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
сныть об.	0	0	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
брусника обыкнов.	0	0	0	1	1	1	2	3	4	4	4	4	4	5
щитовник мужской	0	0	0	1	2	2	3	3	5	5	5	5	5	5
кочедыжник жен.	0	0	0	1	2	2	3	3	5	5	5	5	5	5
можжевельник	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	5
подмаренник север.	0	0	0	0	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
щитовник линнея	0	0	0	0	2	2	4	4	5	5	5	5	5	5
кипрей иван-чай	0	0	0	0	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5

Условные обозначения:



ген. цикл



вег. цикл

Рис.3 Фрагмент фенологического спектра ольшаника болотно-травяного (юго-западные окрестности г.Екатеринбурга, 1997г)

На рис.3 помещен пример одного из вариантов фенологического спектра растительного сообщества на примере ольшаника болотно-травяного, расположенного в окраинной части Верх-Исетского торфяника юго-западных окрестностей г.Екатеринбурга за 1997 г. В «шапке» таблицы показаны даты наблюдений в период с апреля по июль. В первой колонке помещен полный видовой состав сообщества. Виды перечислены в порядке зацветания. Спектр каждого отдельного вида состоит из двух строк: верхняя, напротив названия вида показывает сезонное развитие генеративных органов растений вида, нижняя – сезонное развитие вегетативных органов. Для обозначения фенологических фаз использованы цифровые обозначения.

Генеративный цикл.

0 – генеративных органов нет.

1. – начало бутонизации

2. – массовая бутонизация

3. – начало цветения

4. – массовое цветение

5. – отцветание

6. – завязывание плодов и семян

Вегетативный цикл

0 – покой

1. – набухание почек

2. – проклевывание почек

3. – зеленение (рост листьев)

4. – молодой лист

5. – летняя вегетация

6. – начало отмирания.

7. – созревание плодов и семян
8. – обсеменение
9. – постгенеративная фаза.

Феноспектры последних видов в списке состоят только из одной строчки, показывающей фенологию вегетативных органов, так как генеративные органы у этих видов в этом году вообще не образовались. В тех строчках, где генеративное развитие вида прерывается значком «х», означает, что после цветения по тем или иным причинам плоды не образовались.

Из всего выше сказанного следует вывод о целесообразности такого способа отражения фенологических материалов, который бы давал с одной стороны – комплексную, с другой – краткую, удобную в обработке и в плане сравнения, статистически достоверную характеристику фитоценоза.

Используемая литература.

Основная

- Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г
- Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга (диссертация на соискание уч. ст. к. б. н.) – Екатеринбург, 2000

Дополнительная

1. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ –Новосибирск, изд. «Наука», 1974 – 154 с.
2. Бейдеман И.Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях – Москва – Ленинград, изд. АН СССР, 1954 – 131 с.
3. Дементьева С.М., Радченко Т.А., Данилов В.И., Жмыхова В.С. Некоторые особенности сезонной динамики лугово-степной растительности средней

России // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 52 – 62.

4. Елагин И.Н. О методике регистрации фенологических наблюдений в растительных сообществах // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 365 – 369.
5. Елагин И.Н. Перспективы использования аэрокосмических методов для изучения сезонного развития лесной растительности // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1977 – с. 18 – 19.
6. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов – Новосибирск, изд. «Наука», 1976 – 230 с.
7. Жмыхова В.С. Применение количественных показателей в сезонном развитии растительности // Сезонная и многолетняя динамика растительного покрова в заповедниках РСФСР. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР – Москва, 1983 – с. 32 – 34.
8. Жмыхова В.С., Филатова Т.Д. Количественные характеристики аспектов степных сообществ при разных ритмах заповедования // Тр. Центр.-Черноземного гос. заповедника – 1997, №15 – с.52-65
9. Иванов Н.Б., Герасимов В.Т. К характеристике фазы цветения растений в лесных ценозах Марийской АССР // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидромет. изд., 1977 – с. 74 – 75.
10. Онищенко В.В. К методике фенологического прогнозирования сезонного развития растений высокогорных районов // Сезонная и многолетняя динамика растительного покрова в заповедниках РСФСР. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР – Москва, 1983 – с. 18 – 31.
11. Серебряков И.Г. Некоторые данные о ритме сезонного развития растений долины реки Пясины в ее нижнем течении // Бюллетень М. о-ва исп. природы, отд. биол., т. LXVI (3), 1963 – с. 121 – 129.

12. Серебряков И.Г. Ритм сезонного развития растений Приполярного Урала // Бюллетень М. о-ва исп. природы, отд. биол., т. LXVII (3), 1962 – с. 65 – 81.
13. Серебряков И.Г. Ритм сезонного развития растений Хибинских гор // Бюллетень М. о-ва исп. природы, отд. биол., т. LXVI (5), 1961 – с. 76 – 85.
14. Шалыт М.С. Стационарные фенологические наблюдения над растительностью и построение фитофенологических спектров // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 349 – 358.
15. Шамурин В.Ф. Сезонный ритм и экология цветения растений в районе бухты Тикси // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 279 – 289.
16. Шенников А.П. Введение в геоботанику – Ленинград, изд. ЛГУ, 1964
17. Шульц Г.Э. Актуальные проблемы индикационной фенологии // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидромет. изд., 1977 – с. 6 – 7.

ЛЕКЦИЯ 9

РАЗДЕЛ III. ОСНОВЫ ФИТОФЕНОЛОГИИ.

Тема 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ.

ЧАСТЬ II. КОМПЛЕКСНЫЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОЦЕНОЗОВ.

В семидесятых годах известный уральский фенолог основоположник математической фенологии В.А.Батманов разработал новый подход для оценки сезонного развития фитоценозов – «суммирующие фенологические характеристики растительности» (Куприянова, Щенникова, 1982, Куприянова, 1995, 2000). Он предложил такой тип характеристики растительного сообщества, когда каждый вид растений входит в характеристику на равных правах. “Этот тип, исследуя многообразие процессов развития, протекающих в организме, позволяет получить новые фенологические показатели растительного сообщества, а значит и новую информацию о происходящем в природе” (Куприянова, 1995). “Суммирующая фенологическая характеристика растительности» – своеобразный срез сезонного развития фитоценоза на определенную дату. Она характеризует в комплексе фенологическое состояние всех видов растительного сообщества на момент исследования и выражается в краткой цифровой форме. К сожалению, столь оригинальный и перспективный метод не был опубликован и апробирован на практике ни автором, ни его последователями.

Итак, на фоне назревшей необходимости в универсальных, комплексных, кратких, количественных фенологических показателях фитоценоза, мы имеем с одной стороны – фенологический спектр, характеризующийся комплексностью и насыщенностью фенологической информацией, с другой стороны – идею В.А.Батманова о “суммирующих фенологических характеристиках растительности», отвечающей условиям краткости и математичности. Объединив эти два метода, мы получили своеобразную идею-симбиоз, совмещающую в себе по-

ложительные стороны обоих методов. Это комплексные фенологические показатели фитоценоза.

1. Полевые наблюдения

1.1. Фенологические стандарты

В организме растения одновременно протекает множество процессов, развивающихся в значительной мере независимо друг от друга. И, следовательно, фенологические показатели каждого из этих процессов могут давать информацию о развитии растения, несколько отличную от фенологических показателей других. Какие процессы развития подойдут для изучения сезонной динамики фитоценозов и чем руководствоваться при выборе их? Об этом подробно изложено в инструкции В.А.Батманова. 1.)Определяющим условием выбора является наличие в схеме развития процесса прямого ряда интервалов – такого, при котором последующий всегда и при всех условиях наступает позже предыдущего. 2.)Схема развития процесса должна быть, по возможности, максимально подробной. 3.)Схема развития процесса должна быть универсальной, то есть подходить для любого вида растений, подлежащих учёту.

Исходя из трех выше изложенных условий, мы рекомендуем два процесса развития растений, наблюдения за которыми ведутся независимо: 1 – генеративный; 2 – вегетативный (сезонные изменения ассимиляционного аппарата первой весенней генерации). Для исследований можно взять только один из них или оба сразу. Для каждого процесса составлен свой феностандарт (табл. 1, 2). Он представляет собой ряд последовательно сменяющих друг друга фенофаз. Каждой фенофазе присвоен цифровой балл.

Таблица 1

Фенологический стандарт вегетативного цикла развития растений
(развитие ассимиляционного аппарата)

Балл стандарта	Обозначение фенофазы	Название фенофазы
0	0	Зимний покой
1	н.п.	Набухание почек
2	пр.п.	Проклевывание почек
3	р.п.	Распускание листьев (расхопливание почек)
4	р.л.	Рост листьев
5	м.л.	Молодая листва
6	з.л.	Зрелая листва (летняя вегетация)
7	н.о.	Начало окрашивания (отмирания) - < 25%
8	от.	Интенсивное окрашивание (отмирание) – 25 - 75%
9	к.о.	Конец окрашивания (отмирания)- > 75%
10	п.о.	Полное отмирание (опадение)

Таблица 2.

Фенологический стандарт генеративного цикла развития растений

Балл стандарта	Обозначение фенофазы	Название фенофазы
0	0	Покой
1	б1	Слабо дифференцированные бутоны
2	б2	Активная бутонизация (окрашенные бутоны)
3	ц1	Зацветание
4	ц2	Активное цветение
5	отц 1	Начало отцветания
6	отц 2	Активное отцветание
7	п1	Завязывание плодов и семян

8	п2	Поспевание плодов и семян
9	обс 1	Начало и активное обсеменение
10	обс 2	Конец обсеменения
11	п.г.	Постгенеративная

Сезонное развитие каждого вида растений индивидуально и не всегда чётко вписывается в рамки феностандарта. У некоторых видов отдельные фенофазы могут быть скрыты от глаз наблюдателя. Так у травянистых набухание почки является частью фазы зимнего покоя, а затем наблюдатель сразу фиксирует появление ростка. В этом случае такая скрытая фенофаза не регистрируется, она искусственно “удлиняет” предыдущую фазу. Другой пример – фенофаза “молодого листа”. Весенняя и летняя окраска листа не у всех видов контрастна. У брусники (*Vaccinium vitis idaea* L.), черники (*V. myrtillus* L.), земляники (*Fragaria vesca* L.) и многих других видов фенофаза ‘молодого листа’ по светлозеленой окраске фиксируется легко. У таких видов как наперстянка крупноцветковая (*Digitalis granbiflora* All.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), рамишия (*Ramischia secunda* Garcke.) и других разница в окраске не велика, изменение окраски происходит одновременно с ростом листа, и к моменту достижения нормальных размеров лист имеет летний темно-зеленый цвет. У некоторых видов, таких, например, как кошачья лапка (*Antennaria dioica* Gaertn.), вообще нет заметной смены окраски листьев. Для этих видов фенофаза «молодого листа» “выпадает” из общей схемы сезонного развития, являясь частью фенофазы “рост листа”. После фенофазы «рост листа» наблюдатель фиксирует сразу фенофазу “зрелый лист”. У таких видов как брусника, рамишия, зимолобка зонтичная (*Chimaphila umbellata* Nutt.) выпадает фаза “отмирание листа”, так как отмирание их листьев идет постепенно в течение года.

1.2. Метод фенологических наблюдений.

Наблюдения проводятся первичным описательным методом, при котором регистрируется фенологическое состояние объекта на определенной территории в определенную дату. При наблюдении первичным описательным методом для получения КФП на территории фитоценоза в пределах учетной феноплощадки определяется фенологическое состояние каждого вида сообщества путём оценки его учётных единиц соответственно стандартам (см. п. 1.1.).

Определение фенологического состояния учётной единицы вида. Учётной единицей вида является обычно особь, или то, что может заменить её при наблюдении: нечто неделимое, обособленное, обладающее всеми видовыми признаками, но более легко наблюдаемое. Бывает трудно разделить вид на отдельные особи, например, в зарослях кустарников [малины (*Rubus idaeus* L.), шиповника (*Rosa acicularis* L.), черемухи (*Prunus padus* L.) и т.п.]; в сплошном покрове трав или кустарничков [клевера, земляники, майника (*Majantemum bifolium* L.), орляка (*Pteridium aquilinum* Kurh.), черники, клюквы]. В этом случае за учетную единицу вида лучше принять не особь, а один лист (цветок).

Определение фенологического состояния учётной единицы вида. Учётной единицей вида является обычно особь, или то, что может заменить её при наблюдении: нечто неделимое, обособленное, обладающее всеми видовыми признаками, но более легко наблюдаемое. Бывает трудно разделить вид на отдельные особи, например, в зарослях кустарников [малины (*Rubus idaeus* L.), шиповника (*Rosa acicularis* L.), черемухи (*Prunus padus* L.) и т.п.]; в сплошном покрове трав или кустарничков [клевера, земляники, майника (*Majantemum bifolium* L.), орляка (*Pteridium aquilinum* Kurh.), черники, клюквы]. В этом случае за учетную единицу вида лучше принять не особь, а один лист (цветок). Если у особей вида один лист (цветок) или их не много, определить фенологическое состояние каждого растения просто (например, у майника, седмичника).

В том случае, если на особи множество листьев (цветков), то она считается вступившей в очередную фазу при условии, что не менее четверти их обладают признаками фазы. Но нередки случаи, когда на учетной единице листья (цветки) находятся одновременно в трех и более фенофазах.

—Так некоторая трудность возникает при определении феносостояния учётных единиц тех видов растений, у которых прирост побегов и появление новых листьев продолжается весь вегетационный период. Например, у багульника (*Ledum palustre* L.); клеверов (*Trifolium* sp.); будры плющевидной (*Glechoma Hederaceae* L.); кассандры (*Cassandra* Don. *Calyculata* Rchb.); линнеи (*Linnaea borealis* Gronov) и др. Наступление весной у этих растений фенофаз вегетативного цикла с первой по пятую фиксируют по первой группе листьев.

—Не просто определить феносостояние учётных единиц и тех видов, у которых долгое время формируются новые соцветия (горошек заборный (*Vicia serium* L.)) или прирастает генеративный побег (кипрей болотный (*Epilobium palustre* L.), незабудка болотная (*Myosotis palustris* With.)). Летом у этих растений наблюдаются одновременно на одной учётной единице и плоды, и цветки, и бутоны. В этом случае мы рекомендуем пользоваться характеристикой фенофаз И.Н.Бейдеман (1974) для многолетнего растения. Цветение: 1 - (Ц1)¹ - раскрытие бутонов, начало цветения, появление первых цветков (с преобладанием бутонов); 2 - (ц2) - полное цветение (в этой фазе появляются завязывающиеся плоды); 3 - (отц1,2) - отцветание (плоды, которые могут быть частично зрелыми, преобладают над цветками). Плодоношение: 1 - (п1) - наличие зрелых плодов одновременно с незрелыми (цветков нет или мало); 2 - (п2) - обсеменение при наличии незрелых плодов; 3 - (обс) - обсеменение при наличии одних только зрелых плодов.

Определение фенологического состояния вида в целом. На территории фенологической площадки просматриваются все учетные единицы (особи) вида. Для каждой из них определяется фенологическая фаза. При этом в бланке

¹ Арабская цифра - обозначение подфаз И.Н.Бейдеман, в скобках - обозначение в наших исследованиях.

регистрации (табл.3) напротив названия вида ставится отметка (крестик) в столбце каждой фазы, отмеченной хотя бы у некоторых учетных единиц данного вида. После просмотра всех учетных единиц вида отметка той фенофазы, которая встречалась чаще других, обводится в кружок. Эта фенофаза и будет считаться основной, т.е. характерной для вида в целом и подлежащей учету.

Таблица 3

Бланк регистрации результатов полевых наблюдений первичным описательным методом в ольшанике болотно-травяном (2ФП) 10.06.97г

Генеративный цикл										Вид Растений	Вегетативный цикл								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8
б1	б2	ц1	ц2	от	п1	п2	об	пг			нп	пп	рл	мл	зл	но	от	по	
						⊕				Берёза пушистая						⊕			
⊕										Бодяк полевой				⊕					
	⊕									Брусника обыкновенная					⊕				
						⊕				Вороний глаз						⊕			
		⊕	+							Гравилат речной					⊕				
⊕										Дудник лесной				+	⊕	+			
						⊕				Жимолость обыкновенная						⊕			
		+	+	⊕	+	+				Земляника лесная				+	+	⊕			
										и т.д.									
37	8	3	10	13	3	26	0	0	0	СФХ* (%)	0	0	0	19	15	66	0	0	0

* см. п. 2.1.

2. Обработка собранных материалов.

2.1. Обработка одного бланка обследования (составление суммированной фенологической характеристики растительного сообщества, средний фенологический коэффициент).

Результатом проведённых наблюдений является балльная информация о фенологическом состоянии видов фитоценоза. Обработка по каждому отдельному процессу (вегетативному, генеративному) ведётся независимо. По столбикам бланка (таблица 3) подсчитывается число отметок в кружке. Помните, что по каждому процессу общее количество отметок основных фенофаз ($\oplus$) соответствует количеству видов фитоценоза. Поэтому сумма показателей в предпоследней строке бланка равна количеству видов. Полученные показатели переводятся в относительные (сумма показателей в последней строке бланка равна 100%.)

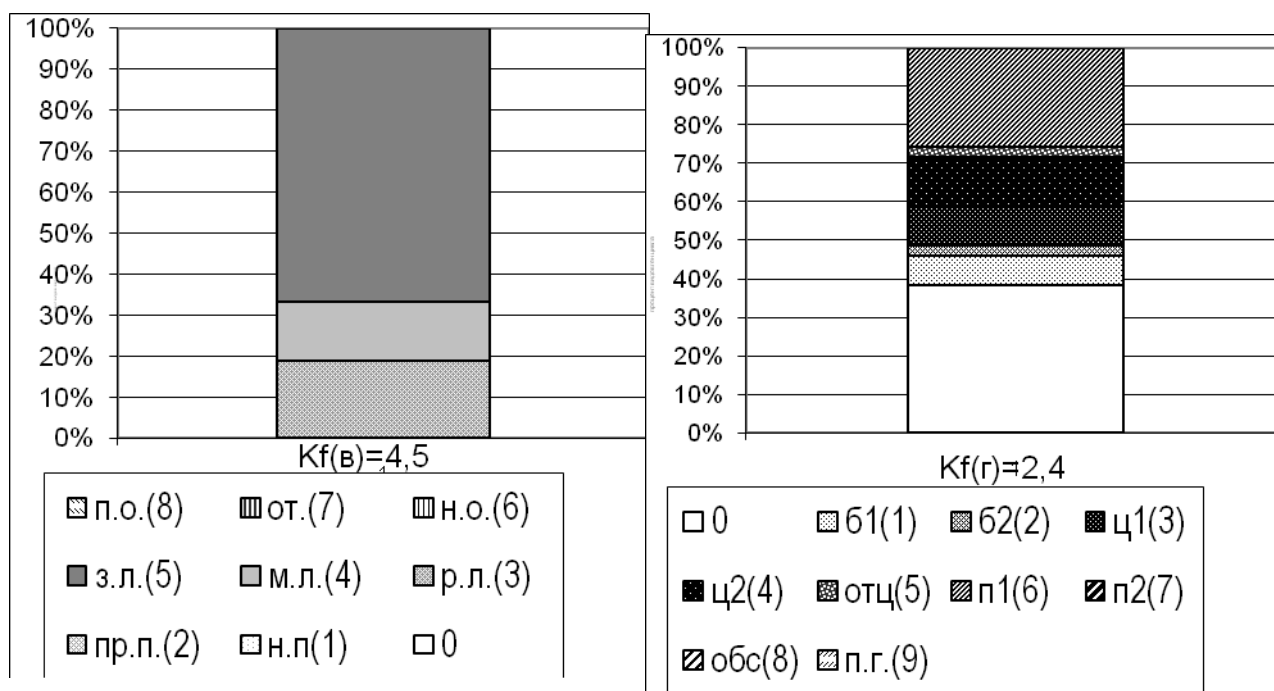


Рис.1 Комплексные фенологические показатели вегетативного (слева) и генеративного (справа) циклов развития растительности ольшаника болотно-травяного (2ФП) 10 июня 1997г

Таким образом, показатель каждого столбца в последней строке бланка означает процент видов растений, находящихся в определённой фенофазе на день обследования. Соотношение этих показателей и есть, **суммированная фенологическая характеристика** растительности сообщества (**СФХ**). Она характеризует фенологическое состояние фитоценоза в день наблюдений. 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.1).

Для каждой СФХ вычисляют **средний фенологический коэффициент** – **Kf**, дополненный значением средней квадратической ошибки – **m**.

$Kf = (1 \cdot X_1 + 2 \cdot X_2 + \dots + C \cdot X_c) / 100$, где X_1, X_2 и т.д. – процент видов сообщества, отмеченных соответствующим баллом, c – последний балл стандарта.

$$m = \frac{(0 - Kf)^2 \cdot n_0 + (1 - Kf)^2 \cdot n_1 + \dots + (c - Kf)^2 \cdot n_c}{n - 1}$$

где n – количество учтенных видов сообщества, c – последний балл стандарта.

Сопоставление среднего взвешенного балла с рядом фенофаз стандарта (таблица 1,2) позволяет судить о состоянии сезонного развития фитоценоза в целом по изучаемому процессу на день исследования. Так на рис.4 ольшаник болотно-травяной 10 июня 1997г находится в конце фазы молодых листьев ($Kf(в) = 4,5 \pm 0,1$) и в конце фазы бутонизации ($Kf(г) = 2,4 \pm 0,2$). Средний фенологический балл – это фенологическая характеристика, учитывающая фенологическое состояние всех видов растений фитоценоза, но выраженная по каждому процессу всего одним числом.

Подсчетом СФХ и Kf по каждому изучаемому процессу заканчивается обработка полевых материалов однократных фенологических наблюдений в одном растительном сообществе. Дальнейший анализ полученных данных можно вести в нескольких направлениях:

- сравнить выбранные процессы (генеративный и вегетативный);
- оценить фенологическое состояние отдельных видов (доминантных, редких, аспекттивных, используемых в хозяйственных целях и т. п.) на фоне сезонного состояния растительного сообщества в целом;
- через дифференцирование видов на отдельные группы (по жизненным формам, феноритмотипам, ярусности, группам обилия и т.д.).

2.2. Обработка материалов полевых наблюдений, полученных при повторных обследованиях фитоценоза (фенологическая скорость, погодичное феноотклонение, погодичная феноаномалия).

2.2.1. Повторное обследование фитоценоза, проводимое через несколько дней, покажет насколько изменилось сезонное состояние фитоценоза за прошедшее между наблюдениями время (таблица 4) В этом случае кроме СФХ и Kf данные о фенологическом развитии растительности можно дополнить показателями «фенологической скорости». Различают скорость фенофаз – «v», и скорость изменения среднего фенологического балла – «V».

$v = (X_2 - X_1) / n$, где X_1 и 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).

$V = (Kf_1 - Kf_2) / n$, где Kf_1 и Kf_2 – средний фенологический коэффициент в первый и второй день наблюдений соответственно, n – количество дней между наблюдениями (единица измерения – доли балла в сутки).

Таблица 4

Сезонное развитие ассимиляционного аппарата
растительности ольшаника болотно-травяного с 12 по 20 апреля 1995г

№ посе- щени я	Дата	Фенофазы стандарта.									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
		Суммированная фенологическая характеристика									Kf(в)
1.	12.04	54	22	24	-	-	-	-	-	-	0,7
2.	20.04	49	11	24	16	-	-	-	-	-	1,1
		Процент видов перешедших границу фенофаз.									
1.	12.04	100	46	24	-	-	-	-	-	-	
2.	20.04	100	51	40	16	-	-	-	-	-	
		Скорость фенофаз – v, (% в сутки)									Скорость Kf(в) – V, (доли бал- ла/ сутки)
		-	0,6	2,0	2,0	-	-	-	-	-	0,05

В таблице 4 показан пример вычисления фенологических скоростей вегетативного цикла ольшаника болотно-травяного в период с 12 по 20 апреля 1995г. По результатам вычислений можно сделать вывод о том, что ежедневно у 2% видового состава фитоценоза проклевывались почки и еще у 2% появлялись ростки, а Kf(в) увеличивался на 0,05 балла. Конечно, сезонное развитие видов с 12 по 20 апреля не было столь равномерным. Необходимо помнить, что показатель фенологической скорости дает информацию, усредненную за период между наблюдениями.

При анализе данных двух фенологических наблюдений, следующих друг за другом, необходимо оценить динамику сезонных процессов в изучаемом сообществе. Для этого обратить внимание на следующие моменты:

- значительные ли произошли изменения в сообществе в целом (как изменилось соотношение фенофаз СФХ, появились ли новые фенофазы, перешло ли сообщество в следующую фазу, согласно возрастанию Kf);
- как повлияли погодные условия на развитие растительности;
- оценить динамику отдельных видов на фоне остальных (какие виды наиболее продвинулись в своем сезонном развитии, а какие не изменили фенологического состояния, изменилось ли состояние доминантных, редких, аспекттивных, используемых в хозяйственных целях и т. п. видов) или групп видов (по жизненным формам, феноритмотипам, ярусности, обилию и т.д.).

2.2.2. Повторное обследование фитоценоза 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 (табл.5). Даже такое разовое посещение фитоценоза ежегодно позволит вычислить погодичное феноотклонение сезонного развития сообщества, выраженное в баллах стандарта: $f = Kf_1 - Kf_2$. Например, из таблицы 5 видно, что сезонное развитие ольшаника болотно-травяного 10 июня в 1996г ($Kf(в)=4,3$) запаздывает по сравнению с 1995г ($Kf(в)=4,9$), $f(1995-96гг)=0,6$ балла.

При посещении фитоценоза в одну и ту же дату в течение нескольких лет можно вычислить средний многолетний фенологический коэффициент – $Kf_{ср}$ и феноаномалию каждого отдельно взятого года наблюдений (см. табл.5). Погодичная феноаномалия (F) – это разница между средним многолетним показателем ($Kf_{ср}$) и показателем конкретного года наблюдений (Kf): $F = Kf_{ср} - Kf$. При запаздывании сезонного развития растительности в отдельно взятый год по сравнению со средним многолетним значением, показатель F будет положительным (так как $Kf_{ср} > Kf$), а при опережении – отрицательным ($Kf_{ср} < Kf$).

Комплексные фенологические показатели ольшаника болотно-травяного 10

июня

Дата	СФХ (в)									Kf(в)	F
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		
10.06.95	0	0	0	0	9	91	0	0	0	4,9	- 0,6
10.06.96	0	0	0	20	34	46	0	0	0	4,3	0
10.06.97	0	0	0	19	15	66	0	0	0	4,5	- 0,2
10.06.99	2	0	0	52	35	12	0	0	0	3,5	0,8
ср.	1	0	0	22	23	54	0	0	0	4,3	

Анализ данных, полученных при обследовании фитоценоза в разные годы, можно проводить в тех же направлениях, что рекомендованы в конце п.2.2.1.

2.3.Обработка данных нескольких фитоценозов (суммарный средний фенологический коэффициент, экофеноаномалия).

Нередко для сравнения разных фитоценозов исследователи используют одни и те же виды растений. Но фенологическое состояние отдельных сходных видов может не соответствовать фенологическому состоянию фитоценоза в целом и даже иметь тенденции сезонного развития обратные сезонному развитию сообщества. Сравнение разных фитоценозов с помощью комплексных фенопоказателей (СФХ и Kf) имеет преимущество перед выше упомянутым в том, что сравниваются одинаковые процессы, а не виды растений. Отсюда сопоставление становится возможным и тогда, когда сообщества сильно отличаются по видовому составу или вообще не имеют общих видов.

Таблица 6

Комплексные фенологические фенопоказатели 1-5ФП и территории про-
филя в целом (ср.) 10 июня 1997г

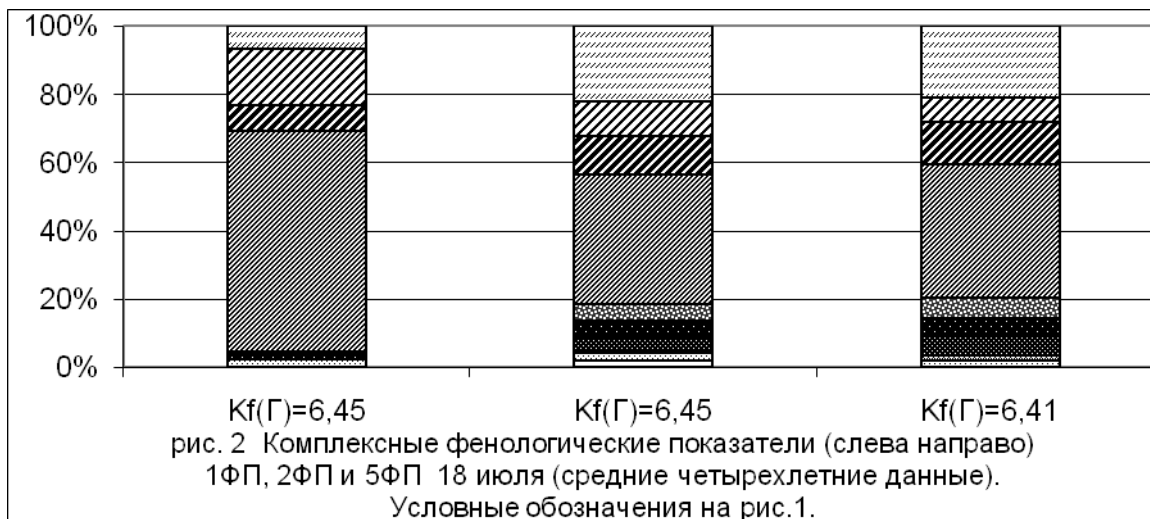
	генеративный цикл												вегетативный цикл													
	СФХ (%)										n	Kf	M	СФХ (%)										n	Kf	m
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				0	1	2	3	4	5	6	7	8				
	б1	б2	ц1	ц2	отц	п1	п2	обс	п.г.	н.п				п.п	р.л	м.л	з.л	н.о	от.	п.о.						
1 ФП	8	17	8	8	8	33	8	8	0	0	12	3,7	0,6	0	0	8	67	25	0	0	0	0	12	3,2	0,2	
2 ФП	37	8	3	10	13	3	26	0	0	0	39	2,6	0,4	0	0	0	19	15	66	0	0	0	48	4,5	0,1	
3 ФП	39	19	6	9	9	9	9	0	0	0	32	2	0,4	0	0	5	14	11	70	0	0	0	44	4,5	0,1	
4 ФП	36	14	4	7	9	7	21	0	2	0	56	2,6	0,3	0	0	0	8	3	89	0	0	0	64	4,8	0,1	
5 ФП	29	19	3	14	11	5	16	0	3	0	37	2,6	0,4	0	0	2	4	14	80	0	0	0	51	4,7	0,1	
ср	30	15	5	10	10	11	16	2	1	0	176	2,7	0,2	0	0	3	22	14	21	0	0	0	219	4,3	0,1	

Таблица 7

Показатели экологического феноотклонения Kf(в) феноплощадок и их экофе-
ноаномалии 10 июня 1997г

ФП	1	2	3	4	5
1					
2	1,3**				
3	1,3**	0			
4	1,6**	0,3**	0,3**		
5	1,6**	0,2*	0,2	0,1	
ср	+1,2**	-0,1	-0,1	-0,5**	-0,4**

Прим.: * — достоверность 90%, ** — достоверность 95%.



Можно проводить наблюдения с использованием КФП одновременно в нескольких фитоценозах. В этом случае для каждого из них заполняется бланк обследования (таблица 3), составляются СФХ растительности и высчитываются значения среднего фенологического коэффициента - K_f (см. п.2.1.).

СФХ разных фитоценозов можно легко сравнивать друг с другом отдельно по каждой фенофазе, но оценить их сезонное состояние в целом, по всем фенофазам в комплексе чаще всего бывает затруднительно (рис.2). В этом случае удобнее использовать K_f , который как раз характеризует среднее состояние видов фитоценоза. Необходимо помнить, что одинаковый K_f фитоценозов не обеспечивает сходства их СФХ. Одинаковые K_f могут иметь фитоценозы как с похожими СФХ (2ФП и 5ФП на рис.2), так и с сильно отличающимися по соотношению фенофаз СФХ (1ФП и 2ФП на рис.2). Поэтому, K_f и СФХ – два необходимых взаимодополняющих друг друга комплексных фенопоказателя фитоценоза. Каждый из них по-своему значим: K_f обобщает СФХ, а СФХ «расшифровывает» K_f .

Разница $K_f(v)$ (или $K_f(\Gamma)$) отдельных фитоценозов называется **экологическим феноотклонением (экофеноотклонение)** – «а» = $K_{f1} - K_{f2}$. Степень достоверности полученных различий определяется по формуле: $t = (K_{f1} - K_{f2}) / (m_1^2 + m_2^2)$. Если показатель $t \geq 0,96$ ($\geq 0,64$), то разница доказана с точностью 95% (90%). Если достоверность экофеноотклонений не всегда удастся доказать (например, табл.7: $K_f(v)$ 2 и 3ФП, 5 и 4ФП, 3 и 5ФП), то любое отличие СФХ фитоценозов достоверно (табл.6). Последнее можно объяснить тем, что

при составлении СФХ учитывается полный видовой состав сообщества, и это гарантирует отсутствие ошибки (для 100% ошибка равна нулю).

3 . Обработка данных фенологического мониторинга.

Слежение за сезонной динамикой фитоценозов в течении вегетационного периода, проводимое в виде многократных регулярных наблюдений по определенной программе представляет собой своеобразный **фенологический мониторинг фитоценозов**. Понятие «мониторинг» мы используем в узком смысле, как «постоянное слежение за сезонными изменениями окружающей среды» (Williams и др., 1995, Куприянова, 2000). Основные функции феномониторинга: а) систематические наблюдения за современным состоянием природных объектов; б) выявление факторов и закономерностей естественного изменения объектов наблюдения во времени и пространстве. Такого рода исследования могут быть частью биологического локального мониторинга (Емельянов, 1994) или экологического локального мониторинга.

Мониторинговые исследования предполагают наличие целого ряда показателей для каждого фитоценоза и территории в целом. Это даёт возможность изучать динамику сезонного развития объектов. Данные полевых наблюдений, полученные при многократных посещениях фитоценоза, удобно оформлять в виде традиционного фенологического спектра (рис 3А, а также см. лекцию 8 п.3). Чтобы при последующем анализе использовать богатые данные феноспектра и одновременно нивелировать его недостатки - громоздкость, сложность в плане обобщения и сравнения и т.д. - необходимо пойти по пути «сгущения информации» феноспектра: данные за каждую дату наблюдений представить в виде диаграммы СФХ (рис.3Б). Полученный ряд диаграмм СФХ образует обобщенный фенологический спектр сообщества (рис.3В). Помещенный внизу традиционного фенологического спектра, обобщенный феноспектр будет его логическим, концентрированным, кратким продолжением, наглядно отображая динамику сезонных процессов на территории фитоценоза.

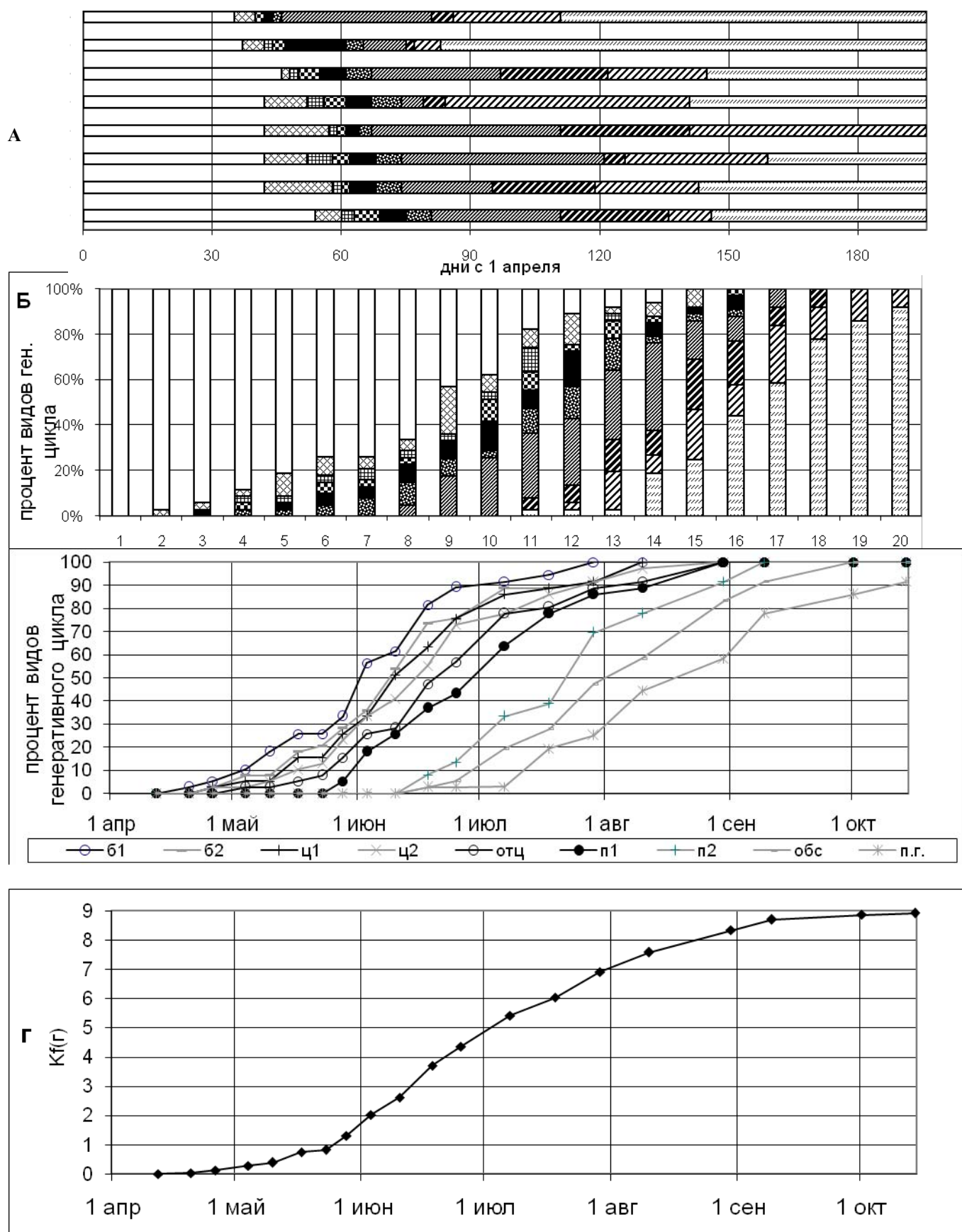
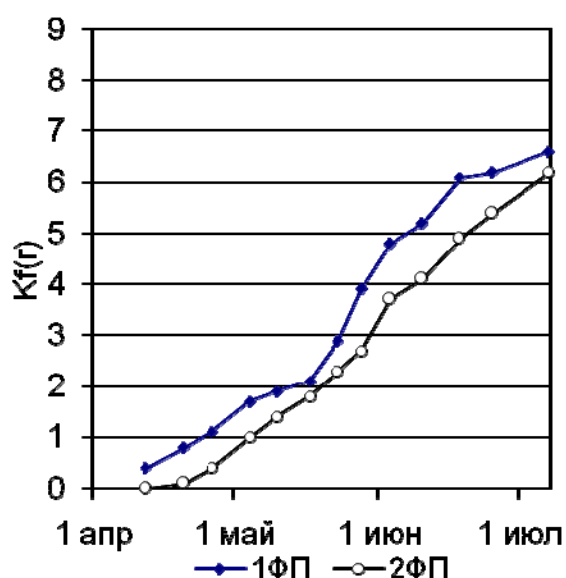


Рис.3 Фенологические показатели генеративного цикла ольшаника болотно-травяного в 1997г. А - традиционный фенологический спектр; Б – СФХ; В – обобщенный феноспектр; Г - средний фенологический коэффициент.

Следующий этап «сгущения информации» – её максимально возможная концентрация - подсчет среднего фенологического коэффициента (K_f) для каждой СФХ. Динамика нарастания показателя K_f – наиболее обобщенный вариант отражения хода сезонных изменений в растительном сообществе в течение определенного отрезка времени (рис.3Г).

Графическое оформление результатов наглядно демонстрирует преимущество КФП перед фенологическими кривыми – однонаправленность КФП. Для КФП каждое последующее значение показателя не может быть ниже предыдущего, а это значит, что определенное значение КФП характеризует лишь один временной промежуток в течение года и в дальнейшем уже не повторяется.

Графическое изображение результатов мониторинга позволяет определять сезонное состояние растительности не только на момент посещений, но и для любой даты периода исследований. По графикам K_f становится возможным вычислять разницу в сезонном развитии разных фитоценозов (в том числе экофеноаномалию) или одного сообщества, но в разные годы (в том числе феноаномалию) на любую дату периода наблюдений.



ис.4 Сезонная динамика генеративного цикла развития растительности 1ФП и 2ФП в 1995г.

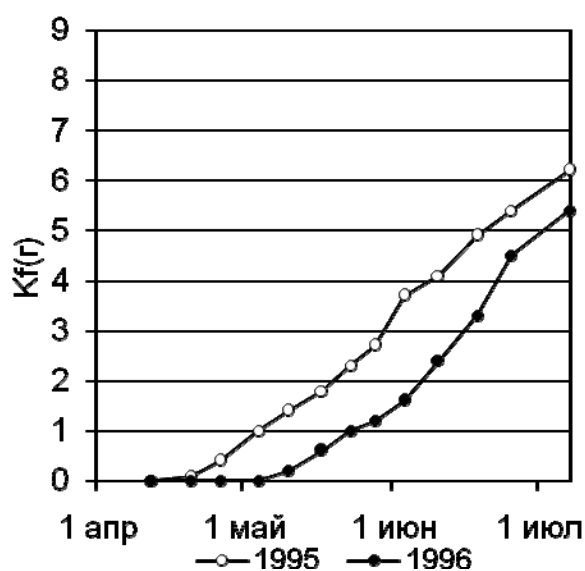


Рис.5 Сезонная динамика генеративного цикла развития растительности 2ФП в 1995г и 1996г.

Анализ графиков можно проводить по двум направлениям: по горизонтали и по вертикали. Анализ по горизонтали показывает, когда (какого числа) фитоценоз вступает в определенную фенологическую фазу цикла. Определяет момент вступления фитоценоза в очередную фенофазу точка пересечения графика K_f и одной из промежуточных линий оси ординат (рис.4, 5). Опустив перпендикуляр от точки пересечения к оси абсцисс, можно определить дату этого момента. Например, $K_f(\gamma) = 5 \pm 0,5$ характеризует фазу отцветания. Пересечение графика $K_f(\gamma)$ и промежуточной линии оси ординат с показателем $K_f(\gamma) = 4,5$ означает вступление фитоценоза в фазу отцветания. На рис.4 показаны графики сезонной динамики генеративного цикла двух фитоценозов – 1ФП и 2ФП в 1995г. Дата момента вступления фитоценозов в фазу отцветания ($K_f(\gamma) = 4,5$) для 1ФП-01.06, для 2ФП – 14.06. Разница двух дат (**экофеноотклонение**) – 13 дней; то есть на момент начала фазы отцветания сосняк кустарничково-сфагновый (1ФП) на 13 дней опережает ольшаник болотно-травяной (2ФП). На рис.5 показаны графики сезонной динамики генеративного цикла одного фитоценоза – ольшаника болотно-травяного (2ФП) – в 1995г и 1996г. Дата вступления фитоценоза в фазу отцветания ($K_f(\gamma) = 4,5$) в 1995г - 14 июня, в 1996г – 25 июня. Разница двух дат (**погодичное феноотклонение**) – 11 дней; то есть сезонное развитие ольшаника болотно-травяного на момент начала фазы отцветания в 1996г запаздывало по сравнению с 1995г на 11 дней. Такие вычисления можно проводить для любого момента (начало, середина, конец) любой фенофазы цикла.

Анализ по вертикали показывает разницу в фенологическом состоянии фитоценозов на одну дату. Например, на рис.4 15 июня 1ФП достигла $K_f(\gamma) = 5,8$ – фаза завязывания плодов и семян; на 2ФП $K_f(\gamma) = 4,6$ – начало фазы отцветания. В результате легко определить разницу в фенологическом состоянии двух фитоценозов (**экофеноотклонение**) 15 июня, измеряемую в данном случае в баллах K_f . В приведенном примере разница составляет 1,2 балла - сосняк кустарничково-сфагновый (1ФП) 15 июня опережает ольшаник болотно-травяной (2ФП) на 1,2 балла, то есть на одну фенофазу цикла. На рис.4 к 15 июня 2ФП

достигла в 1995г $Kf(\gamma) = 4,6$ балла, в 1996г $Kf(\gamma) = 2,9$ балла – фаза зацветания. Разница двух показателей (**погодичное феноотклонение**) – 1,7 балла, то есть практически две фенофазы. Такие вычисления можно проводить для любой даты периода исследований. При вычислении разницы в сезонном состоянии двух фитоценозов (или одного фитоценоза в разные годы) на одну дату исследований, измеряемой в баллах Kf , можно определять достоверность полученных различий с разной степенью вероятности (см. п.2.3.).

Обработку материалов мониторинговых исследований и анализ комплексных фенологических показателей можно проводить с разных позиций и в разных направлениях.

1. Внутри одной СФХ - при наличии большого числа обследованных видов на участке, возможен дальнейший анализ собранных данных через дифференцирование видов на качественно отличные группы в зависимости от целей исследования (по жизненным формам, по феноритмотипам, по ярусности и т.п.).

2. Если велись наблюдения за несколькими процессами, можно провести сопоставления между ними (сроки, компактность и т.д.).

3. Комплексные фенологические показатели нескольких фитоценозов позволят оценить экологическую изменчивость сезонных процессов, вычислить экофеноаномалии.

4. Комплексные фенологические показатели фитоценоза, полученные при многократных (мониторинговых) фенологических исследованиях, покажут динамику сезонных изменений изучаемой территории.

5. Многолетние наблюдения позволят проследить погодичную изменчивость сезонных процессов фитоценоза, вычислить погодичное феноотклонение и погодичную феноаномалию.

Итак, новые комплексные фенологические показатели растительных сообществ - суммированная фенологическая характеристика (СФХ) и средний фенологический коэффициент (Kf) обладают следующими достоинствами:

- простота сбора и обработки информации;
- возможность применения при однократных и при постоянных наблюдениях;
- сравнимость результатов, полученных для фитоценозов, сильно отличающихся по видовому составу;
- комплексность фенологической характеристики;
- возможность выразить информацию в краткой цифровой форме, поддающейся математической обработке;
- однонаправленность показателей;
- возможность отслеживать тенденции фенологических изменений растительного сообщества во времени и пространстве (определять экологическую и погодичную изменчивость сезонных процессов).

Используемая литература

Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга (диссертация на соискание уч. ст. к. б. н.) – Екатеринбург, 2000

ЛЕКЦИЯ 10

РАЗДЕЛ: ОСНОВЫ ФИТОФЕНОЛОГИИ.

Тема 3. ФЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

1. Понятие о фенологической изменчивости.

Фенологические показатели сроки сезонных явлений, временные и вещественные показатели фенологического состояния объектов) являются величинами весьма изменчивыми во времени и пространстве. Например, только за несколько лет наблюдений в 60-х гг. 20 века амплитуда между крайними датами начала пыления сосны (*Pinus silvestris* L.) в окрестностях г. Екатеринбурга (тогда Свердловска) составила 41 день (13 мая 1967 г. и 23 июня 1969 г. при средней 50-летней дате наступления явления 1 июня). Существенные различия фенологических показателей наблюдаются и в течение одного года. Не говоря уже об удаленных друг от друга географических пунктах, можно констатировать весьма большую изменчивость сезонных явлений даже для небольших территорий. Так, в западно-юго-западных окрестностях г. Екатеринбурга средняя многолетняя разница по началу пыления сосны в экстремальных экологических условиях составляет 9 дней, а в отдельные годы — до 20 дней.

Очень велика изменчивость вещественных показателей фенологического состояния растений, в частности урожая семян, плодов. Так, на территории Свердловской области урожайные и неурожайные годы по семеношению сосны между северной и южной тайгой не совпадают в 60—70% случаев. Сильно различается величина урожая не только на разных местообитаниях, но и в однородных экологических условиях между отдельными деревьями (особенно в неурожайные годы). Так, средний годовой коэффициент вариации урожая шишек сосны в пределах одной ландшафтной фации под Екатеринбургом составляет 65 — 70%.

Варьирование фенологических показателей во времени и в пространстве называется фенологической изменчивостью.

Из всех компонентов геокомплексов растительность наиболее чутко и физиономично реагирует на сезонные изменения среды. Она является наилучшим феноиндикатором ландшафта. Поэтому изучение фенологической изменчивости растений — первоочередная задача.

2. Классификация типов фенологической изменчивости.

На основании результатов многолетних фитофенологических исследований разработана классификация типов фенологической изменчивости. Она создана для характеристики изменчивости сезонных проявлений у растений, но сегодня используется и при характеристике сезонных изменений у животных.

В качестве единиц варьирования рассматривается в порядке убывания ранга:

а) фенологические показатели географической популяции, т. е. совокупности особей одного вида растений крупных физико-географических регионов (зона, подзона, ландшафтная область, провинция и т. д.);

б) фенологические показатели ценопопуляций — совокупности особей одного вида растений низших ландшафтных геокомплексов (ландшафтных фаций, урочищ* (Прокаев, 1970)²);

в) фенологические показатели одной особи вида;

г) фенологические показатели части одной особи вида.

Типы внутривидовой фенологической изменчивости растений, характеризующие варьирование перечисленных единиц в пространстве при единстве времени, можно объединить в пространственный ряд. Временной ряд образуют типы фенологической изменчивости, характеризующие варьирование единиц во времени при единстве пространства. В каждом ряду в зависимости от ранга

² ландшафтная фация, обычно, соответствует одному растительному сообществу, а урочище — отдельной форме рельефа, в пределах которого размещается несколько растительных сообществ, например, кряж или заболоченная низина.

единицы варьирования можно выделить 4 типа фенологической изменчивости: географическая, экологическая, индивидуальная, эндогенная (под эндогенной понимается изменчивость в пределах организма), которые при уменьшении ранга единицы варьирования постепенно переходят одна в другую.

Все типы фенологической изменчивости временного ряда являются следствием одного фактора — неоднородности среды обитания растений на одной и той же территории в разное время. Каждый же тип фенологической изменчивости растений пространственного ряда обусловлен своим комплексом факторов. Так, *тип географической изменчивости* этого ряда объясняется неоднородностью среды внутри крупных географических регионов, причиной которой являются планетарные (зональные и аazonальные) факторы. *Тип экологической изменчивости* объясняется различиями условий среды между разными местобитаниями в пределах ландшафтных районов и урочищ, т. е. является результатом местного перераспределения тепла и влаги по элементам форм мезорельефа. *Тип индивидуальной фенологической изменчивости*, характеризующий варьирование фенологических показателей отдельных особей в границах однородных экологических условий, обусловлен внутренними свойствами особи: ее полом, возрастом и индивидуальными качествами, генетически закрепленными. Поэтому индивидуальную изменчивость часто называют «внутривидовой». *Эндогенный тип фенологической изменчивости* объясняется разной скоростью развития частей одной растительной особи. Схема соотношения типов внутривидовой фенологической изменчивости растений дана на рис. 1. Как явствует из приведенного описания, в понятие тип внутривидовой фенологической изменчивости растений вкладывается весьма емкое содержание. Дальнейшее расчленение выделенных типов неизбежно. И совершенно очевидно, что предложенная классификация — только ориентировочное решение вопроса.

Для количественной оценки выделенных типов внутривидовой и эндогенной фенологической изменчивости растений можно рекомендовать все группы методов, разработанные известным уральским фенологом В. А. Батмановым: регистраторы срока, описательные, индикаторы урожайности, экометрические.

единица варьирования

тип изменчивости

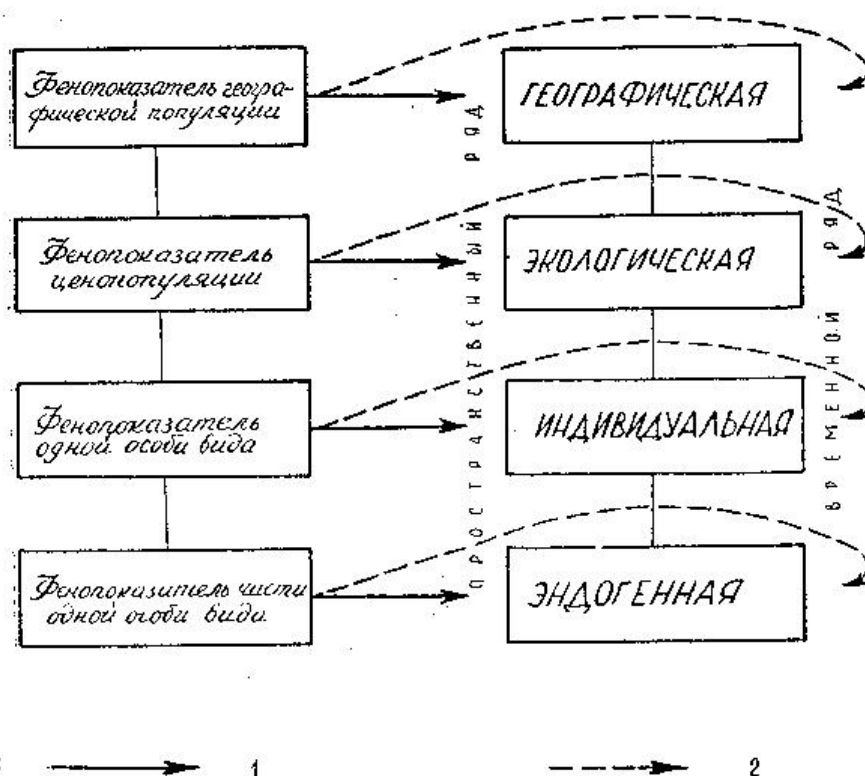


Рис. 1. Схема соотношения типов фенологической изменчивости.

- 1 - варьирование фенопоказателей в пространстве при единстве времени;
2 - варьирование фенопоказателей во времени при единстве пространства.

Наилучшими показателями изменчивости являются среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. Причем первое выгоднее использовать, когда анализируются фенопоказатели, связанные со сроками сезонного развития, а коэффициент вариации — если оценивается урожай (в широком смысле этого слова) как вещественный результат этого развития. Мы остановимся на рассмотрении только первого случая.

3. Характеристика типов фенологической изменчивости.

3.1. Для характеристики географической изменчивости как временного, так и пространственного ряда целесообразно использовать многолетние наблюдения, собранные с помощью обычного метода (первичного регистратора

срока, по В. А. Батманову), сущность которого заключается в нахождении даты наступления сезонного явления. Этим методом собраны все наблюдения добровольных фенологических сетей.

Для каждого из сопоставляемых регионов вычисляется средняя многолетняя дата наступления явления по всем пунктам, входящим в регион. Она и принимается за фенопоказатель географической популяции. Вычисление ошибки средней многолетней даты сохранит сопоставимость материала, несмотря на различие в количестве пунктов. Средние многолетние даты, полученные для отдельных регионов, образуют вариационный ряд, среднее квадратическое отклонение которого и даст представление о величине географической изменчивости пространственного ряда. Параметры фенологического ряда средних дат наступления явления для одного физико-географического региона за n лет дадут представление о географической изменчивости геокомплексов этого ранга во времени.

Теоретически таким образом можно сопоставлять регионы какой угодно величины. Но выявление изменчивости фенопоказателей географических популяций таких крупных и внутренне разнородных геокомплексов, как физико-географические страны, зоны, подзоны, даже ландшафтные области, практического значения не имеет. В подобных случаях более наглядную картину географической изменчивости сезонных явлений дают различные фенологические карты.

Оценивать географическую изменчивость фенологических показателей с помощью среднего квадратического отклонения, видимо, имеет смысл лишь для единиц не крупнее ландшафтной провинции. Хорошие результаты получаются при выявлении фенологической изменчивости географических популяций ландшафтных округов. При этом можно использовать не только многолетние наблюдения, собранные обычным методом, но и однолетние, проведенные интегральным описательным методом. Он заключается в подсчете процента учетных единиц, перешедших определенную грань сезонного развития, именуемую «межой», в данный день на определенной территории.

3.2. Способы изучения экологического варьирования фенопоказателей

рассмотрим на примере изучения фенологической изменчивости ценопопуляций растений самых низших ландшафтных геокомплексов — ландшафтных фаций. Выводить показатели межфациальной фенологической изменчивости можно лишь в рамках одной ландшафтной единицы следующего ранга — ландшафтного урочища. Только таким образом фенологические различия между фациями будут выявлены в чистом виде. В противном случае (если брать фации разных урочищ) на экологическую изменчивость самого низшего ранга будет наслаиваться экологическая изменчивость ценопопуляций ландшафтных единиц следующего ранга.

Для характеристики межфациальной фенологической изменчивости совсем не обязательно проводить наблюдения во всех фациях урочища. Достаточно выборки по наиболее типичным фациям, хорошо отражающим экологическое разнообразие урочища (как правило, достаточно 5—6 фаций). Для характеристики этого типа изменчивости мы особенно рекомендуем интегральный метод регистратор срока, хотя вполне приемлемы для данной цели интегральные методы описательной и экометрической групп. Сущность интегрального метода регистратора срока заключается в определении средней даты перехода учетных единиц через выбранную межу. Для этого необходимо каждую фацию посетить не менее трех раз. Во время каждого посещения просматривается одно и то же количество учетных единиц и фиксируется, сколько из них перешло межу. На основании полученных данных для каждой фации и вычисляется искомая величина.

За показатель межфациальной фенологической изменчивости принимается средняя квадратическая экономалия урочища, представляющая собой среднее квадратическое отклонение средних дат перехода учетных единиц через межу ценопопуляциями растений отдельных фаций от средней по урочищу. Более надежные результаты получаются при проведении наблюдений в течение нескольких лет, но и на основании одногодичных материалов можно получить достаточно объективную картину. Например, средняя восьмилетняя (1962—

1969 гг.) квадратическая экономалия одного из обследованных в окрестностях города урочищ по началу зеленения березы бородавчатой (*Betula verrucosa* Ehrh.) оказалась равной $\pm 0,6 \pm 0,1$ дня. Наблюдения проводились в 19 фациях урочища. В 1964 г., когда обследовалось такое же количество фаций, средняя квадратическая экономалия по рассматриваемому явлению по величине совпала со средней восьмилетней. В другие годы могут быть отклонения. Но, как показывает практика, варьирование величины средней квадратической экономалии в разные годы невелико.

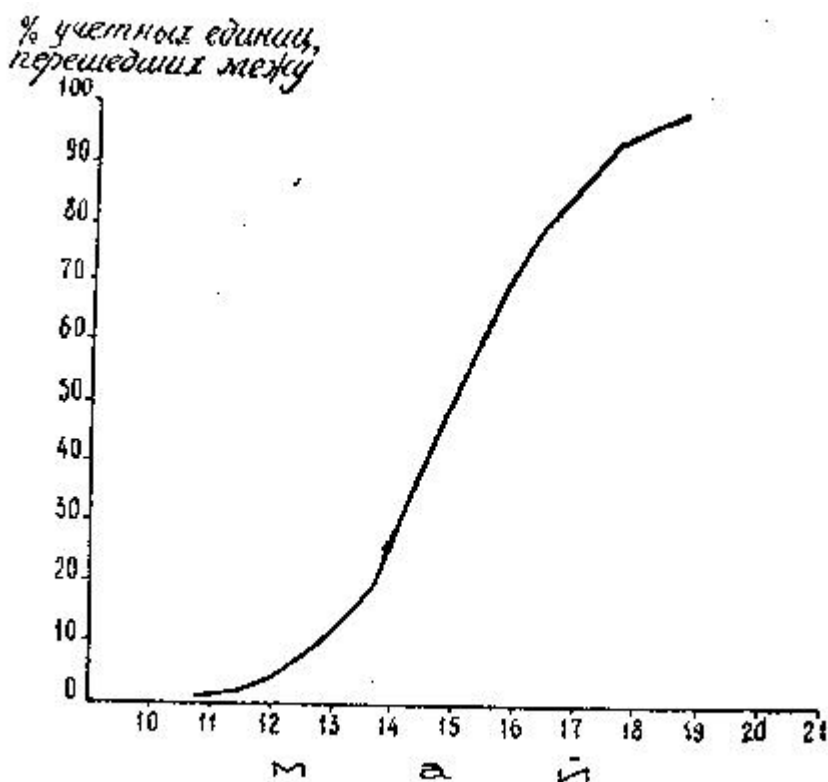


Рис.2. Индивидуальная изменчивость березы бородавчатой в березняке разнотравном на вершине Варнацкого кряжа по меже «начало зеленения», 1962 – 1969гг.

3.3. Наилучшим для характеристики индивидуальной фенологической изменчивости является интегральный описательный метод. Для ее выявления наблюдения необходимо вести в пределах только одной фации, т. е. на территории, где условия среды практически однородны. Кривая развития явления дает наглядное представление о величине индивидуальной изменчивости: на-

чало ее фиксирует срок перехода через межу первых единиц, а конец - последних. На рис. 2 показана многолетняя кривая для березы бородавчатой по меже «начало зеленения». [Индивидуальная изменчивость осенью существенно больше, чем весной. Среднее квадратическое отклонения весной по началу зеленения составило $\pm 1,8 \pm 0,4$ дня, а по осеннему пожелтению листвы - $\pm 6,1 \pm 1,8$ дня]. Вероятно это объясняется тем, что весной развитие всех растений начинается от одного «нулевого» уровня. За теплый сезон каждое дерево, благодаря генетически закрепленным свойствам, несколько по-своему реагирует на одни и те же факторы внешней среды. В результате этого с ходом сезона индивидуальные фенологические особенности особей проявляются все более четко и становятся максимальными осенью — к концу вегетационного периода.

3.4. Объектом варьирования при эндогенной фенологической изменчивости являются части растения: ветви разных порядков, листья, соцветия, цветки в соцветии. И, если эндогенная изменчивость пространственного ряда (варьирование фенопоказателей в пределах одного растения в один и тот же момент времени) почти всегда имеет определенный смысл, то эндогенная изменчивость временного ряда с уменьшением единицы варьирования (до листа, цветка) постепенно теряет свое практическое значение, а для травянистых однолетников не имеет его совсем.

Эндогенную изменчивость пространственного ряда была изучена, в частности, у карликовой березки (*Betula nana* L.). Фитоценоз с участием в кустарниковом ярусе данного растения расположен в заболоченном торфянике второй надпойменной террасы р. Исети, к западу-юго-западу от Екатеринбурга. За учетную единицу был взят один лист. Наблюдения в полевых условиях проводились по интегральному описательному методу, а обрабатывались по интегральному регистратору срока. Такая комбинация теоретически допустима, а на практике вполне себя оправдала. Для наблюдений была взята одна ветка, Перед началом листопада на ней были сосчитаны все листья. С начала листопада во время каждого посещения участка (через 3—5 дней) подсчитывалась убыль листьев на замеченной ветке. Период с момента опадения первого листа до опа-

дения последнего и характеризует в данном случае эндогенную изменчивость пространственного ряда. Все листья с ветки опали с 20 августа до 19 сентября. Среднее квадратическое отклонение явления равно $\pm 5,8 \pm 0,3$ дня. Таким образом, эндогенная изменчивость карликовой березки довольно велика и по величине близка к индивидуальной изменчивости березы бородавчатой в осеннее время.

В заключение хочется отметить, что средние квадратические отклонения являются хорошими показателями различных типов фенологической изменчивости только в том случае, если получающиеся вариационные ряды нормальные или близкие к ним. Если же природа изучаемого сезонного явления известна еще недостаточно или неизвестна совсем, то на начальных этапах исследования для первых оценочных характеристик можно исходить из предположения, что распределение близко к нормальному. Однако, если в дальнейшем окажется, что отклонения существенны, параметры, характеризующие изменчивость, надо дополнять новыми.

Используемая литература

Куприянова М.К. О внутривидовой фенологической изменчивости растений (в связи с ландшафтными исследованиями в Свердловской области) / Ландшафтные исследования в Свердловской области – Свердловск, изд. СГПИ, 1974г, с. 61 – 71

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 - Екатеринбург, Банк культурной информации, 2000

ЛЕКЦИЯ 11

РАЗДЕЛ IV: СЕЗОНЫ ГОДА. СЕЗОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НАБЛЮДЕНИЙ.

Тема 1. ОСНОВЫ ФЕНОПЕРИОДИЗАЦИИ.

Естественные сезоны – одно из старых 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). В России впервые один из их вариантов был предложен Д.Н.Кайгородовым (Буторина, 1979). В СССР вопросы естественной периодизации разрабатывались Н.Н.Галаховым (Буторина, 1979), Г.Э.Шульцем (1981), Т.И.Буториной (1979) и многими другими исследователями. Над фенологической периодизацией года для окрестностей г.Екатеринбурга (Свердловска) работал В.А.Батманов. В «Календаре природы Свердловска и его окрестностей» (1952) В.А.Батманов определил сроки наступления и продолжительность сезонов, фенологические индикаторы их начала, термические характеристики. Зная средние многолетние сроки наступления сезонов, простым арифметическим делением общей продолжительности сезона на пять частей Владимир Алексеевич получил и средние многолетние даты начала и окончания их ступеней. Таким образом, внутреннее подразделение сезонов в периодизации года В.А.Батманова чисто механическое и не имеет обоснования, хотя, естественно, выделенные ступени существенно отличаются друг от друга.

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 приоритете 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 радиаци-

онного 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. Следовательно, сезонные изменения в живой природе – ответная реакция на изменения всего комплекса компонентов неживой природы. В свою очередь, сезонные изменения растительности не только свидетельствуют об изменении других компонентов ландшафта, но как наиболее ярко выраженные и, тем самым, обуславливающие изменения облика ландшафта, могут считаться «индикаторами» сезонных изменений в природе. Поэтому, использование фитофенологического 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 с фитофенологическими явлениями. При этом погодичная изменчивость температур значительнее, чем изменчивость фитофенологических явлений (Давитая, 1964, Буторина, 1979, Голубев, 1982, Иванов, 1984, Минин, 2000). При неустойчивых погодных условиях, когда температуры могут вернуться к пройденным рубежам, фенологиче-

ский 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). Наши исследования подтвердили данное положение. Все сказанное выше делает фитофенологические явления более надежным «индикатором» сезонных рубежей, и позволяет считать фитофенологический критерий основой фенопериодизации.

Тема 2. СЕЗОНЫ ГОДА: ОСЕНЬ

1. Общие сведения о сезоне.

Осень – сезон разрушения летнего состояния ландшафта и перехода его к зимнему состоянию. Радиационный, а вслед за ним и термический режим снижается. На осень приходится немногим более 10% годового прихода радиационного баланса, который с октября становится отрицательным. Продолжительность светового дня к 23 сентября (осеннее равноденствие) снижается до 12 часов, а к началу зимы – до 8 ч. Среднесуточные температуры меняются от +15С до 0С. Аспекты природы меняются неоднократно: от почти летнего через пестрый, золотой, голый до заснеженного зимнего. преобладание пасмурной погоды, часто с осадками. Баланс влаги – положительный.

Затухание активной жизнедеятельности растений и холоднокровных животных. В середине сезона заканчивается продукция автотрофами органического вещества и поступление в атмосферу кислорода. Перелетные птицы отлетают на юг. Наблюдается пролет с севера водоплавающих птиц.

Погодичная изменчивость осенних метеорологических и гидрологических явлений велика. Их стандартные отклонения превышают ± 10 суток. Даты отлета птиц и осеннего отмирания растительности значительно устойчивее, их стандартные отклонения $\pm 3-5$ суток.

Осень чаще всего делят на три подсезона: ранняя осень (первоосень), золотая осень, поздняя осень.

2. Структура зимнего сезона в окрестностях г.Екатеринбурга.

Основной процесс генеративного цикла осенью – обсеменение. У большинства видов генеративное развитие заканчивается. В вегетативном цикле господствуют процессы отмирания (окрашивания) листвы и листопада более сложные на этом этапе, нежели процессы генеративного цикла. Поэтому при характеристике подсезонов осени, как и весны, больше внимания уделяется состоянию вегетативных органов растений.

Динамика осеннего отмирания листвы характеризуется совсем иными эколого-ритмическими корреляциями, чем весенние фазы роста. Начало осени по погодным условиям не определить (Елагин, 1980). Часто в конце августа – начале сентября по-летнему жарко, сухо, но почти у всех растений имеются признаки перехода к зиме. Отмирание листьев необратимо, как необратимо сокращение светового периода. Считается, что именно уменьшение длины дня является основным фактором, определяющим календарное постоянство тех или иных осенних явлений. Другая причина - критическое иссушение всей корнеобитаемой толщи почвы.

За фенологический индикатор начала осени традиционно принимают начало пожелтения листвы берёз. Этот феноиндикатор по классификации Г.Э.Шульца относится к зональной группе и считается достаточно точным (Буторина, 1979). Но само выражение “начало пожелтения листвы берёз” не конкретно и трактуется несколько различно разными авторами. Так Г.Э.Шульц (1981) принимает за начало осени начало массового пожелтения листвы берёз и лип, когда 50% деревьев имеют явные признаки пожелтения. Индикатор осени у В.А.Батманова (1952) – заметное пожелтение листьев берёз, появление желтых листьев на многих берёзах (20.08). Т.И.Буторина предполагает, что началу

осени, возможно, соответствует появление первых желтых прядей (но не ясно у какого количества учетных единиц). Остальные авторы (Гоффман-Ине (Шульц, Шамраевский, 1941), Шабанов, 1960, Елагин, 1980, 1994 и др.) никак не конкретизируют этот термин. В нашем опыте массовое пожелтение листвы берез, как его понимает Г.Э.Шульц, безусловно, относится к явлениям ранней осени, но не характеризует переход от лета к осени. Свидетельство этому – осень 1999г, когда и термически и фенологически осень уже наступила, а подавляющее большинство берез были ещё полностью зеленые. По данным феномониторинга началу осенних процессов в окрестностях г.Екатеринбурга соответствует появление первых желтых прядей или разбросанных желтых листьев у первых берез (5%), соответствующее в среднем дате – 17 августа.

Фенологическое начало сезона совпадает с климатическим По данным метеостанции г.Екатеринбурга эта граница датируется в среднем многолетнем 14 – 20 августа по времени перехода среднесуточных температур воздуха ниже +15С. Также дата 17.08 близка к дате начала осени в г.Свердловске (Екатеринбурге) по наблюдениям В.А.Батманова (1952) – 20.08.

Мы выделяем три фенологических подсезона осени с характерным для них обликом ландшафта, соответствующие трём климатическим этапам.

- I подсезон – «ранняя осень» – начальный этап разрушения летнего ландшафта, в аспекте преобладание зеленых тонов; среднесуточные температуры воздуха в среднем многолетнем от +10С до +15С.
- II подсезон – «золотая осень» – максимально выражены осенние процессы, господство желтых и багряных тонов; среднесуточные температуры воздуха в среднем многолетнем от +5С до +10С.
- III подсезон - «поздняя осень» – становление зимнего ландшафта, безлиственный аспект лесов; среднесуточные температуры воздуха ниже +5С.

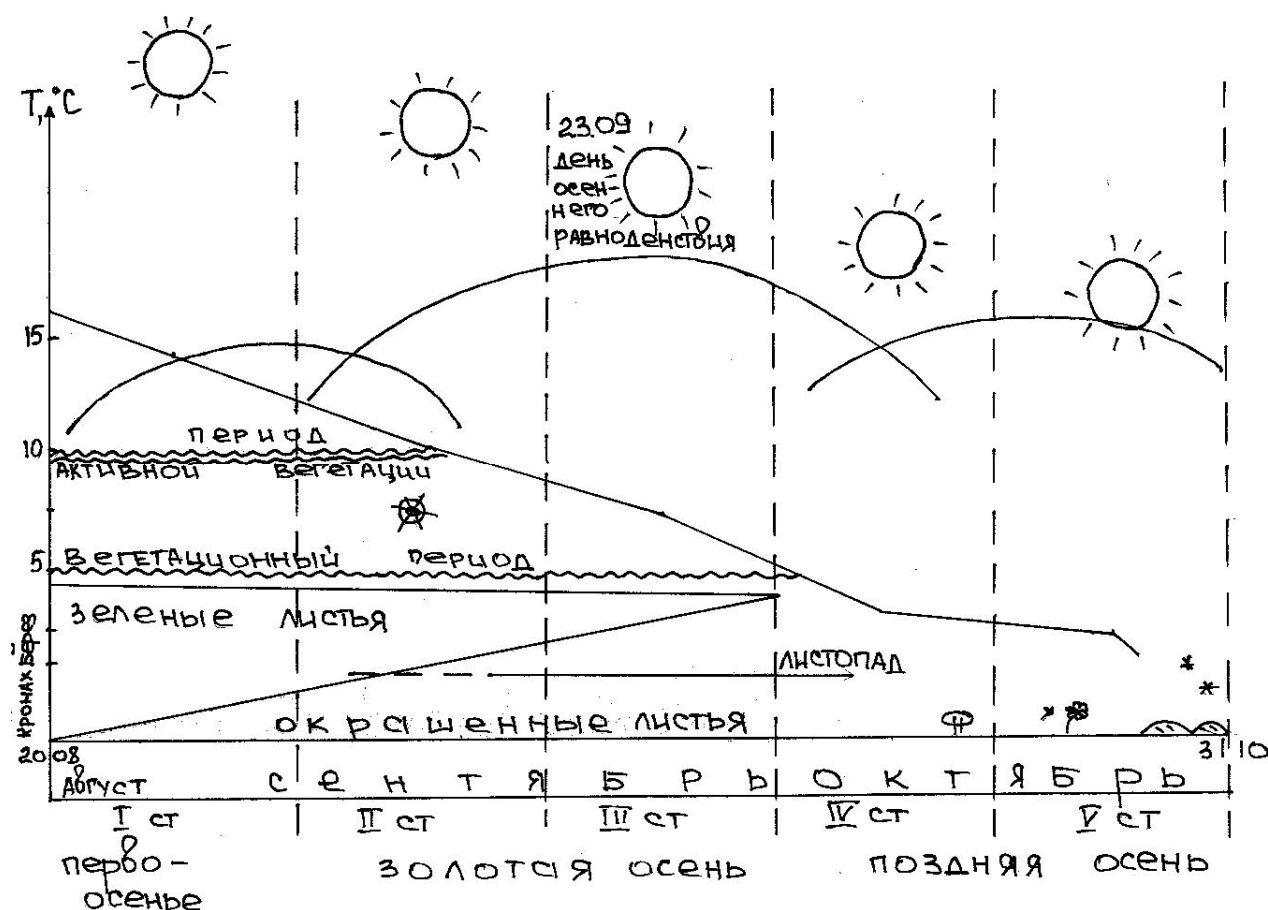


Рис. 1 Фенопериодизационная модель осени в окрестностях

Г.Екатеринбурга.

Ранняя осень (IO).

Синонимы. Большинство авторов схем годичного круга природы выделяют этот начальный этап осени, называя его «первоосень» (Буторина, 1979, Шульц, 1981); «начало осенних изменений» (Елагин, 1980); «начало осени» (Галахов, 1960); «ранняя осень» (Батманов, 1952, схема Гоффмана – Ине (Шульц, Шамраевский, 1941)); «раннеосенний» (Деева, 1995; Максимова и др., 1975, Зироян, 1982, Прудников и др, 1985). Но характеристика конца подсезона и его продолжительность разнятся.

По полученным нами данным фенологических наблюдений «ранняя осень» в окрестностях города длится 22 дня и приходится на вторую половину августа – начало сентября (17.08 – 09.09).

Среднесуточные температуры воздуха в среднем многолетнем опускаются ниже +15С и достигают в среднем за подсезон +13С; а минимальные суточные температуры выше +10С. Заморозки редки.

Индикатор начала сезона и подсезона единый – пожелтение первых прядей у берёз (см. выше). Также индикаторами начала можно считать начало отмирания орляка, черники, василистника простого. В вегетативном цикле нарастают темпы отмирания, отмечен максимум кривой «начала отмирания». В генеративном цикле – созревание поздних плодов и семян, максимум кривой обсеменения (рис.12). В *аспекте* чёткие признаки окрашивания листвы. Общий фон ещё зелёный, но повсюду разбросаны пятна желтизны. У сосны характерное явление “подпали”.

Подсезон объединяет 2 ступени.

ЮО1 длится 12 дней с 18 по 30.08.

ЮО2 длится 10 дней с 01 по 10.09.

Первая ступень ранней осени (ЮО1). Многие виды - около 50% - имеют признаки отмирания разной интенсивности. В фазу «начала отмирания» среди деревьев и кустарников вступили: береза, осина, яблоня, ива, малина, ирга. Сильнее отмирание листвы у шиповника, кизильника, рябины, а также малины отмечается в привершинных частях кряжей. В травяно-кустарничковом ярусе лесов начинают отмирать листья костяники, земляники, борщевика, вейника, василистника простого, черники, сныти, вай орляка; отмирают майник и герань, почти полностью пожелтел седмичник. Но такие как крушина, черёмуха, смородина, жимолость синяя ещё зелёные, и лишь некоторые листья их окрасились.

Цветов нет. Лишь единично может встречаться цветущая ястребинка зонтичная, на опушках и обочинах - кульбаба осенняя. Около половины видов находятся в фазах плодоношения и столько же в фазе обсеменения. Созрели ягоды майника, а у буквицы – семена ещё зеленые, ягод черники и земляники почти не осталось. Обсеменение у кизильника, малины, жимолости волчьей ягоды, василистника простого, брусники, костяники, голубики, черноголовника, чины Гмелина; начинают рассеиваться семена у сныти и василистника малого.

Вторая ступень ранней осени (Ю2). Доля в разной степени отмирающих видов достигает двух третей, преобладают виды в фазе «интенсивного отмирания». В начале сентября черёмуха, смородина, жимолость синяя, голубика, клюква преодолевают границу фазы «начала отмирания», а берёза, яблоня, малина, орляк, черника, василистник простой, костяника, сныть – границу фазы «интенсивного отмирания». Также активное окрашивание листвы характерно для сосны, можжевельника, шиповника, морошки, росянки, герани, купальницы, майника, земляники и других видов. Полное отмирание седмичника. К концу ступени и, следовательно, подсезона количество активно отмирающих видов приближается к максимуму.

Большинство видов закончили генеративный цикл – 60%; обсеменяются 20% и ещё 20% находятся в фазах плодоношения. Зелёных плодов становится всё меньше. Созревают плоды – кассандры, вероники лекарственной, одноцветки, зимолюбки, грушанки однобокой. Созрели и начинают распространяться плоды майника и плоды грушанки круглолистной, дудника, золотой розги, аконита. Характерно для ступени распространение семян – буквицы, репейничка, наперстянки, крапивы, ястребинки, а также продолжают обсеменяться – василистник простой, жимолость – волчья ягода, черноголовник, сныть, костяника, поповник, вероника дубравная, чина Гмелина и др. Малина, земляника и почти полностью черника перешли в постгенеративную фазу.

Золотая осень (ПО).

Синонимы - «золотая осень» (первая половина) у Г.Э.Шульца (1972, 1981); «III ступень осени» – у В.А.Батманова (1952); «середина осени» (Елагин, 1980). Буторина Т.Н. не выделяет «золотую осень» отдельным подсезоном, но всё же указывает, что, как правило, собственно «золотая осень» (преобладание в ландшафте желтой листвы) приходится на конец первого и начало второго этапов осени (1979, стр. 87-88). Другие авторы для разных территорий так же выделяют подсезон «золотой осени» (Шабанов, 1960, Мироненко, 1975, Буторина, Крутовская, 1967, Власенко, 1980, Моложников, (Шульц, 1981), Науменко, 1982, Науменко и др., 1983).

Продолжительность подсезона в среднем четырёхлетнем - последние 20 дней сентября (10 – 30.09.). Интересен тот факт, что в период специальных исследований (1995 – 1999гг) начало подсезона «золотой осени» ежегодно приходилось на одну и ту же дату – 10 сентября, несмотря на разницу погодных условий в разные годы и даже на разницу в сезонном развитии растительности в начале сезона.

Начало «золотой осени» - 10.09 - совпадает со средним многолетним сроком окончания периода активной вегетации, т.е. с переходом в среднем многолетнем среднесуточной *температуры* воздуха ниже +10С (08–18.09 по данным Екатеринбургской метеостанции). Среднесуточные температуры воздуха в среднем за подсезон +8,4С (+5С < t < +10С). В этот период наиболее характерны первые заморозки. По данным метеостанции г.Екатеринбурга, средняя многолетняя дата первых заморозков на почве – 13.09, а в воздухе – 19.09. По утрам возможен иней, замерзание луж (минимальные температуры воздуха около 0С). Продолжительность дня неуклонно уменьшается, и к концу подсезона день становится равен ночи (23.09 – день осеннего равноденствия).

Аспект. Окрашивание листвы заканчивается у всех деревьев и кустарников и большинства травянистых видов. Желтые тона с примесью багряных становятся господствующими, недаром этот этап называют «золотой осенью».

В аспекте ландшафта фантастически сочетаются десятки оттенков: красного, желтого, оранжевого, зеленого и коричневого цветов.

Доминирование осенней окраски у листопадных деревьев – *индикатор* начала подсезона у Г.Э.Шульца (1981). Елагин И.Н. (1980) за границу подсезона принимает момент пожелтения 75% всех листьев у берёз и осин, а Т.Н.Буторина (1979) - первые полностью окрашенные берёзы. Вероятно, эти критерии не противоречат друг другу. Поскольку нами подробно отмирание листьев берёз не изучалось, мы, к сожалению, не можем оценить точность этих критериев и предложить свои. Но отмечено что, за начало «золотой осени» мы рекомендуем принимать преобладание (т.е. больше 50%) в аспекте листопадных пород и трав окрашенных листьев над неокрашенными, в том числе и у берёзы. Кроме того, эта грань сезонного развития растительности, с нашей точки зрения, имеет преимущество в том, что ее достаточно легко определить: если листьев зеленых больше, значит ещё «ранняя осень»; если желтых листьев больше, значит уже золотая осень.

Фенологический аккорд. В это время до 80% видов преодолели границу фазы «начала отмирания». Около половины видов находятся в фазе «активного отмирания», а количество полностью отмерших видов неуклонно растёт. В фазе «начало отмирания» находятся ещё ольха и такие кустарники, как черемуха, смородина, жимолость синяя. В их кронах преобладают зеленые листья (особенно у ольхи, т.к. её листья не окрашиваются, а лишь частично буреют и подсыхают). Большая часть листьев окрашена у рябины, малины, крушины, яблони, кизильника, жимолости - волчьей ягоды, а в третьем ярусе - у голубики, черники, клюквы, сныти и др. Заканчивается отмирание морошки, росянки, земляники, вейника, василистника простого, герани, купальницы, борщевика, костяники. Засохли листья у майника. Полное отмирание вай орляка позволяет теперь свободно перемещаться по лесу. Кроны берёз окрасились (в конце сентября), начинается активный листопад. Наблюдается рост листьев зимней генерации у гравилата городского и речного, земляники, манжетки, буквицы, ожики, осота разнолистного; появляются «зимние стрелки» у ожики и пушицы.

В конце сентября осеннее окрашивание листвы наблюдается у всех видов заболоченных сосняка. При этом по-настоящему «золотым» этот период здесь назвать нельзя: сосна остается зеленой, среди кустарничков только голубика – листопадный вид, создающий в аспекте яруса яркие желтые или красные пятна, остальные виды зимнезеленые. Ростовые процессы прекратились, сформировались верхушечные почки (андромеда, брусника, клюква, кассандра, багульник).

Темпы изменений в генеративном цикле слабы. Около двух третей видов закончивших генеративное развитие. Для подсезона характерно начало обсеменения березы, рамишии однобокой, одноцветки, таволги; активное распространение семян колокольчика, крушины. Продолжают активно обсеменяться крапива, грушанка круглолистная, буквица, репейничек, наперстянка, черноголовик, василистник, дудник, аконит, вероники, рябина, майник, кизильник. Почти нет ягод у костяники, нет плодов у фиалки собачьей, гравилата городского. Поспешили коробочки зимолюбки.

Характеризуя времена года в южной тайге, И.Н.Елагин (1994) считает, что «полное отмирание листвы берёз – четкий признак окончания вегетационного периода всего леса». Буторина Т.И. (1979), Головин М.М. (1960) также отмечают, что завершением этапа "золотой осени" заканчивается вегетационный период и все летние процессы. Последующие этапы осени несут на себе уже ясные черты зимнего сезона". Лынов Ю.С. (1975), Г.Э.Шульц (1981) несколько отодвигают границу конца вегетационного периода на момент окончания листопада, но мы придерживаемся мнения И.Н.Елагина и Т.И. Буториной. Дата полного пожелтения большинства берёз в календаре у В.А.Батманова – 30.09; большинства – осин и лип – 29.09. Данные феномониторинга показали, что с 1 октября процессы отмирания растений затухают; а 80% видов перешли между фенофазы «активного отмирания»; у берёз кроны полностью окрашены, активен листопад. На метеостанции г. Екатеринбурга окончание вегетационного периода датируется 30 сентября одновременно с переходом среднесуточных температур воздуха в среднем многолетнем ниже +5С. Исходя из выше сказан-

ного, мы можем обоснованно считать конец сентября концом «золотой осени» и концом вегетационного периода в окрестностях г.Екатеринбурга.

Поздняя осень (ПО).

Синонимы. Чаще всего этот этап называют «глубокая осень» (Шабанов, 1960, Буторина, Крутовская, 1967, Моложников, 1976, Буторина, 1979, 1982, Елагин, 1980, Мироненко, 1980, Власенко, 1980, Наumenко, 1982, 1983); реже «позднеосенний» (Туманова, 1960, Максимова и др., 1975, Зироян, 1982, Баргесян, 1982, Деева, 1995, Прудников и др, 1985). Шульц Г.Э. (1981) относит «глубокую осень» ко второй половине «золотой осени», не выделяя отдельным под-сезоном. Но основной процесс – листопад и характеристики этого этапа (становление «голого» ландшафта) схожи у многих авторов.

Фенологическое начало этого этапа осени исследователи понимают по-разному. Так у Буториной (1979, 1982), Крутовской (1967), как и в схеме Гофмана – Ине (Шульц, Шамраевский, 1941), этот этап начинается с полного пожелтения листвы (в том числе и у берез), у Г.Э.Шульца (1981), И.Н.Елагина (1980), В.А.Батманова (1952), Д.Ф.Тумановой (1960) – с конца массового листопада у большинства деревьев и кустарников; леса оголились, но еще сохраняются отдельные золотые пятна поздно опадающих берез (Шульц, 1981) и зеленые пятна сирени и др. (Шульц, 1981, Елагин, 1980).

По результатам феномониторинга с 01 октября осенние процессы затухают, в кронах деревьев и кустов опало более половины листьев и остальные обычно быстро опадают. Завершается листопад, лес оголяется, господствующим становится «голый», бурый, «безжизненный» ландшафт, характерный для завершающего подсезона. Начало поздней осени для г.Екатеринбурга по В.А.Батманову – 3 октября (1952), практически совпадает с нашим. В это же время по данным Екатеринбургской метеостанции в среднем многолетнем среднесуточные температуры воздуха опускаются ниже +5С. Заканчивается

сезон установлением постоянного снежного покрова, падением среднесуточных температур воздуха ниже нуля. В среднем многолетнем это происходит по данным В.А.Батманова (1952) 1 ноября.

Продолжительность поздней осени – октябрь - 30 дней между 01.10 и 01.11. Последний подсезон осени, как и первый, мы разделяем на 2 ступени: ПОО1 – собственно поздняя осень и ПОО2 – предзимье.

Ступень ПОО1 – собственно поздняя осень – время, когда листопад полностью завершён, но снега ещё нет. Буторина Т.Н. предлагает называть этот этап «послеосенье», т.к. «все осенние процессы уже закончились, а зимние ещё не начались» (1979). Мы придерживаемся мнения, что летний и зимний – два основных состояния ландшафта, два основных сезона, а весна и осень – переходные между ними сезоны. Тогда ландшафт «золотой осени» и “собственно поздней осени” и есть типично осенний, когда летний ландшафт разрушен, а зимний не начал формироваться.

Продолжительность – первые две недели октября (1-15.10). Наши данные подтвердили тот факт, что продолжительность этапа “собственно поздней осени” подвержена значительной изменчивости (Буторина, 1979). В некоторые годы ступень сильно сокращается или выпадает, если снежный покров - индикатор “предзимья” (см. ниже) - ложится уже в начале октября, во время окончания листопада. Примером могут служить 1998г и 1999г. В начале октября 1999г лес уже оголился, а теплая и сухая погода стояла всю первую и вторую декады месяца, поэтому продолжительность “собственно поздней осени” составила около 15 дней. В 1998г снег выпал уже в первых числах октября, уже полностью не стаял, и “собственно поздняя осень” была очень короткой (несколько дней).

Фенологический аккорд. Процессы отмирания практически завершены. Можно ещё встретить некоторые экземпляры василистника малого, наперстянки, тысячелистника, единичные листочки сныти, дудника, осота разнолистного

и др. На концах веток остались последние листья у малины, ивы козьей, ракитника, калины, кизильника. Зеленеют лишь зимнезеленые виды – сосна, можжевельник, грушанка, рамишия, вероника лекарственная, линнея северная, брусника, а также виды, имеющие зимнюю генерацию листьев - ожика, гравилат горной и гравилат речной, земляника, клевер ползучий.

Более 80% видов закончили генеративный цикл. Лишь у редких видов зреют плоды и семена (сосна, ольха); оставшиеся обсеменяются. У березы, клюквы, грушанки круглолистной, рамишии, зимолюбки, одноцветки, кизильника, рябины, яблони, багульника и др. обсеменение будет идти и зимой вплоть до самой весны следующего года.

Аспект крон деревьев и кустарников – “голый”. Во втором ярусе ягоды рябины и яблони в большом количестве могут давать темно-красный оттенок. Редки пятна светло-зеленых (сирень и калина), желтых (ива и малина), коричневых (рябина, береза) или красных последних полуоблетевших кустов и деревьев. Под пологом леса “голая” земля, засыпанная опавшими листьями, с редкими, сухими, торчащими стеблями отмерших генеративных побегов (борщевик, дудник, василистник малый, купырь и др.).

Ступень ШО2 - предзимье.

Продолжительность - вторая половина октября (16 - 30.10).

Индикатор “предзимья” – первый снежный покров (Шульц, 1981, Буторина, 1979, Батманов, 1952). Это заключительный этап осени, начало становления зимнего ландшафта. Характерны почти сплошные заморозки, но дни хотя и холодные, обычно без мороза. Температура почв ниже 0С. Среднесуточная температура воздуха около 0С. Осадки чаще в виде снега.

Фенологический аккорд. Листва и хвоя зимнезеленых видов приобретает зимний облик (хвоя сосны становится блеклой, листья багульника и кассандры «прижимаются» к стеблю). Первый снежный покров - временный, но довольно

устойчивый. Он может сходить за несколько дней и ложиться вновь, что приводит к чередованию зимнего ландшафта (при снежном покрове) с позднеосенним (без снега).

Использованная литература

Основная

- Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г
- Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992
- Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга (диссертация на соискание уч. ст. к. б. н.) – Екатеринбург, 2000

Дополнительная

Дополнительная

1. Барабаш Г.И., Муковина З.П., Камаева Г.М., Кожевникова Л.И., Кунаева Л.И. Сезонная характеристика травяных ценозов Воронежской области // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 35 – 43.
2. Баргесян А.М. Сезонное развитие ситниковых засоленных болот Араратской равнины // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 42 – 44.
3. Булыгин Н.Е. Влияние отдельных факторов погоды на сезонное развитие древесных растений // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1977 – с. 66 – 67.

4. Буторина Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края – Новосибирск, «Наука», 1979 – с. 231.
5. Власенко В.И. Сезонная динамика фитоценозов субальпийского подгольцового пояса Западного Саяна // Динамика лесных биогеоценозов Сибири – Новосибирск, изд. «Наука», 1980 – с. 175 – 200.
6. Власенко В.И. Фенопериодизация вегетационного периода в подгольцово-субальпийском поясе Западного Саяна // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, изд. «Наука», 1982 – с. 34 – 35.
7. Галахов Н.Н. Роль фенологии в решении некоторых задач физической географии // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 70 – 74.
8. Деева Н.М. Сезонное развитие растительных сообществ северо-запада Пусторана // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 47 – 48.
9. Елагин И.Н. Времена года в лесах России – Новосибирск, изд. «Наука», 1994 – 216с. 75 76
10. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов – Новосибирск, изд. «Наука», 1976 – 230 с.
11. Зироян С.Н., Гаспарян А.Г., Айрапетян Ф.П. Ритм сезонного развития основных видов растений горы Арагац // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 40 – 42.
12. Максимова Г.Н., Волкова В.Г. К вопросу о сезонной ритмике некоторых показателей растительности в степях Хакасии // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока. ч. 2 – Иркутск, Иркутское книж. изд., 1975 – с. 59 – 66.
13. Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000
14. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.

15. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
16. Онищенко В.В. К методике фенологического прогнозирования сезонного развития растений высокогорных районов // Сезонная и многолетняя динамика растительного покрова в заповедниках РСФСР. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР – Москва, 1983 – с. 18 – 31.
17. Прудников Н.А., Попов А.И., Присный А.В. Сезонная ритмика некоторых компонентов биоценозов природного и культурного ландшафта лесостепи // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 44 – 52.
18. Уманская Н.В. Сезонная ритмика луговых растений восточного Забайкалья // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 127 – 128.
19. Цельникер Ю.Л. Влияние температуры на сроки распускания и скорость роста листа у лиственных деревьев // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем – Москва, изд. МГУ, 1996 – с.164-176
20. Шиголев А.А., Шиманюк А.П. Сезонное развитие природы Европейской части СССР – Москва, гос. изд. Географической литературы, 1949 – 241с.
21. Шульц Г.Э., Шамраевский В.Б. Фенологические наблюдения. – Ленинград, 1941 – 88 с.
22. Шабанов М.А. Некоторые особенности фенологических явлений в Саратовской области // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 218 – 223.

ЛЕКЦИЯ 12

РАЗДЕЛ IV: СЕЗОНЫ ГОДА. СЕЗОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НАБЛЮДЕНИЙ.

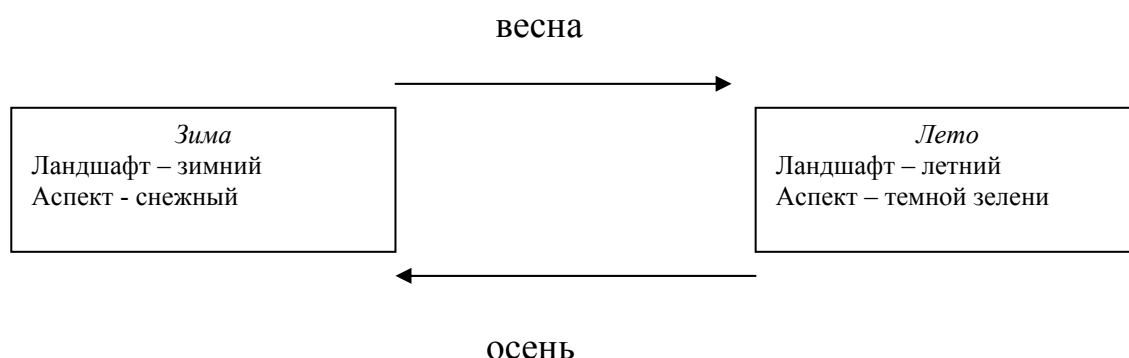
Тема 3. СЕЗОНЫ ГОДА: ЗИМА

1. Общие сведения о сезоне.

Зима – сезон энергетического минимума, наиболее низких температур, сниженной жизнедеятельности организмов или их полного покоя (Буторина, 1979г, стр.111).

- На зиму приходится лишь 5% годового прихода солнечной радиации и, в силу высокого альбедо снега, лишь 2% поглощенной радиации – радиационный баланс отрицательный. Продолжительность светового дня ≈ 7 -13 часов.
- Испарение, сток и эрозия почв сокращены. Осадки выпадают в основном в виде снега и накапливаются на поверхности почвы.
- Зима – сезон нарастания влаги.

Зимний аспект создается сплошным снежным покровом как на суше, так и на льду внутренних водоемов. Существуют два основных сезона и, следовательно, два основных состояния ландшафта – летний и зимний и характерные для них аналогичные аспекты.



Начало фенологической зимы в странах умеренного климата условились считать с момента смены осеннего бесснежного аспекта аспектом с устойчивым снежным покровом. Конец фенологической зимы определяют по началу разрушения снежного покрова.

На **начало зимы** принимают дату наступления устойчивого похолодания, когда снег и лед начинают накапливаться в географической оболочке и не исчезают полностью при последующих потеплениях.

Концом зимы считают дату начала устойчивого потепления, когда **убыль** и изменения в снежной и ледовой толще становятся необратимыми.

Даты начала и конца зимы можно определить лишь «задним числом... (подробно см. Куприянова и др., 1992г, стр.42., абз.2). В районе г. Екатеринбурга по данным В.А.Батманова в среднем многолетнем дата начала зимы – 1 ноября, конца зимы 22 марта, продолжительность сезона 142 дня, т.е. ≈ 5 месяцев.

2. Структура зимнего сезона

а) в различных регионах России

Месяцы года		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
С.-Петербург (Шульц Г.Э.) 103 дня			Первозимье	Среднезимье	Пред- весе- нье	
Подмосковье (Галахов) 115 дней		Неус- тойчи- вая	Мягкая	Умеренно хо- лодная	Пред- весе- нье	
оз.Байкал (Моложников) 160 дней		Снежная		Морозная		Предве- сенье (до 7.04.)
Красноярский край, 150 дней (Буторина Т.Н.)		Первозимье		Глубокая зима	Предвесенье	
Екатеринбург (Батманов В.А.) 142 дня		1 сту- пень	2 сту- пень	3 ступень «Шапка зимы»	4 сту- пень	5 сту- пень

б) Средняя многолетняя модель зимы для окрестностей г.Екатеринбурга.

Характеристика зимнего сезона рассмотрена по ступеням фенопериодизационной модели В.А.Батманова.

I ступень. 1 ноября – 28 ноября (28 дней). Это самая мягкая часть зимы. Часты оттепели средняя температура воздуха = $-5,9^{\circ}$. Жесткоморозные дни (средняя температура воздуха $< 20^{\circ}$) очень редки $\sim 1\%$. Самой характерной чертой является установление снежного покрова. Ноябрьский снег пушистый, рыхлый; h = до 10 см. Период установления ледовых переправ через водоемы и санного пути.

Начало зимы может проходить по двум типам: сухой и влажный.

Сухой тип. Осадков меньше нормы снега нет, но устанавливается лед на водоемах (редок, характерен для лесостепной зоны, где меньше осадков).

Влажный тип, когда снег и лед появляется одновременно.

«В предзимье и раннезимний период когда температура меньше 0° , а снега нет или мало происходит кратковременное промерзание верхних слоев почвы (0-10см). Кратковременные морозы (-10 , -20°C), которые нередко бывают в начале зимы, когда еще нет (мало) снега, не являются губительными для зимующих листьев земляники, клевера, кошачьи лапки, папоротника – щитовника игольчатого, вейника... Они в это время сильно обезвоживаются, теряют тургор, поникают, но не погибают.

После образования снежного покрова температура верхних слоев почвы, до того неуклонно понижавшаяся, под влиянием тепла нижних горизонтов вновь повышается. Даже маломощный (10-15) см) слой снега способен резко уменьшить охлаждение почвы и служит гарантией того, что на полях озимые, в лесных питомниках всходы и саженцы деревьев не вымерзнут». (Елагин, 1994г, стр. 138-140).

Условия зимующих животных относительно благоприятны. Заканчивается линька зимующих и не впадающих в спячку животных. Ближе к жилью птичника переселяются птицы. Иногда в городе можно видеть исконно лесных оби-

тателей; пр-р дятлов. В целом органичная жизнь замирает. По основным характеристикам 1 ступень в периодизации В.А.Батманова соответствует сезону «первозимья».

II ступень (29 ноября – 23 декабря (=29 дней)). Значительно холоднее первой ступени средняя температура воздуха = $14,4^{\circ}\text{C}$, жесткоморозных дней 18%, обычно волнами (1-2)

Длина дня снижается до минимума – 6ч 46 мин. 22 декабря – день зимнего солнцестояния. Это самая темная ступень года.

Характерная черта – максимальный прирост снежного покрова 30 % снега выпадает в декабре. Благодаря высокому снежному покрову почва все время остается талой, деревья лишь очень редко могут обезвоживаться до критического состояния. В загущенных молодняках ельников, сосняков, снежные «шапки» на кронах иногда вызывают необратимые сгибания вытянутых непрочных стволиков.

III ступень. 24 декабря – 22 января (29 дней). «Шапка» или середина зимы. Самый холодный период: температура = $-15,4^{\circ}$, 43% жесткоморозных дней (рождественские, крещенские, сретенские морозы). Самые низкие температуры отмечаются, как правило, в январе. День еще короток, но начинает удлиняться. Говорят: «Повернуло солнце на лето, а зима на мороз».

Высота снежного покрова продолжает увеличиваться, но не так интенсивно, как во II ступени (до ~ 35 см), нижние слои снега уплотняются и изменяют свою структуру.

В эту холодную и темную ступень органическая жизнь пассивна. Лишь у налима в глубоких омутах происходит нерест, (а клесты могут выводить птенцов).

IV ступень. 23 января – 22 февраля (30 дней). Средняя температура воздуха = $-14,1^{\circ}$, т.е. лишь на $1,3^{\circ}$ выше, чем в III ступени. Жесткоморозных дней – 34% .

Нередки вьюги и метели. Высота снежного покрова достигает максимума (средняя глубина снега ≈ 40 см.).

Однако солнце поднимается над горизонтом все выше, и его лучи начинают пригревать, появляется разница между дневными и ночными температурами (поэтому IV ступень кажется теплее, чем III ступень).

Солнечные лучи падают под большим углом, чем в январе, появляются первые признаки солярного снеготаяния, т.е. подтаивания снега от прямых солнечных лучей даже при отрицательной температуре воздуха. Первые подтайки появляются там, где угол падения лучей близок к 90^0 , направленные на края крыш, боках сугробов с южной стороны. Можно услышать первую капель и увидеть первые сосульки. Но эти признаки весны для IV ступени еще не типичны.

Наиболее трудное время для животных. У зимующих животных проявляется некоторое оживление, связанное с началом брачного периода. В солнечные дни можно услышать первую песнь большой синицы, барабанную дробь дятла. Возможно глубокое промерзание водоемов, и как следствие – замор рыбы.

V ступень. 23 февраля – 22 марта (27 дней). Можно назвать «предвесенье» средняя температура воздуха до $-8,1^0$; 4 % жесткоморозных дней. Редкие оттепели.

День становится по продолжительности почти равен ночи. В конце сезона 21 марта – день весеннего равноденствия. Возросшая солнечная радиация, обусловленная значительной высотой солнца и возрастанием длины дня, на последующем этапе еще не в состоянии привести к термическому перелому, к весне, однако может вызвать ряд предвесенних явлений. Еще более резкой становится разница между дневными и ночными температурами.

Солярный тип снеготаяния набирает силу. Бока сугробов с южной стороны становятся «изъеденными», часты сосульки. Солнечные корочки над микроуглублениями. В связи с большей нагреваемостью темных поверхностей у тем-

ных стволов деревьев появляются щели и воронки. Снег становится липким. Характерно образование наста, т.к. днем поверхностный слой снега подтаивает, а ночью замерзает, Снежная толща уплотняется, оседает. В этот период отмечается максимальная стратиграфия снежных слоев.

Растительность продолжает прибывать в покое.

У лесных зверей и птиц брачный период. Гон у лисиц, зайцев и белок. У медведицы рождаются медвежата (IV – V ступень), молодые лоси сбрасывают рога. Тетерева и глухари готовятся к токованию; у воробьев, голубей, ворон и галок – «весеннее» оживление. В конце ступени можно услышать звонкую мелодичную песнь овсянки.

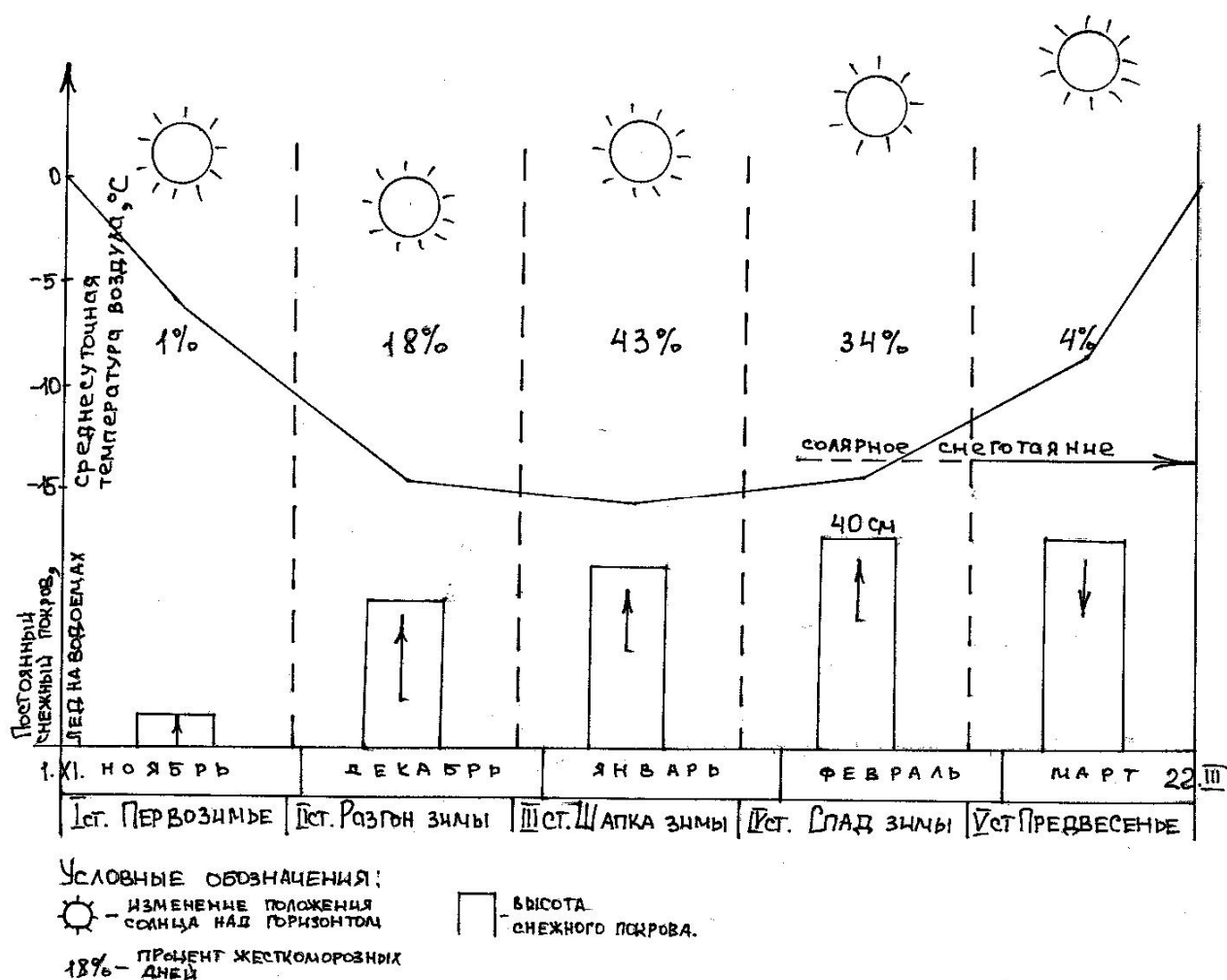


Рис.1 Фенопериодизационная модель зимнего сезона в окрестностях г.Екатеринбурга.

Используемая литература.

23. Булыгин Н.Е. Влияние отдельных факторов погоды на сезонное развитие древесных растений // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1977 – с. 66 – 67.
24. Буторина Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края – Новосибирск, «Наука», 1979 – с. 231.
25. Власенко В.И. Сезонная динамика фитоценозов субальпийского подгольцового пояса Западного Саяна // Динамика лесных биogeоценозов Сибири – Новосибирск, изд. «Наука», 1980 – с. 175 – 200.
26. Власенко В.И. Фенопериодизация вегетационного периода в подгольцово-субальпийском поясе Западного Саяна // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, изд. «Наука», 1982 – с. 34 – 35.
27. Елагин И.Н. Времена года в лесах России – Новосибирск, изд. «Наука», 1994 – 216с.
28. Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992
29. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
30. Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г
31. Loubry D. La phenologie des arbres caducifoces en foret quyanase (5 C de latitude nord): Illustration dun determinisme a composantes endogen et exogene // Ctn. J. Bot. – 1994 - №12 – с.1843-1857 – фр., рез. англ.

ЛЕКЦИЯ 13

РАЗДЕЛ IV: СЕЗОНЫ ГОДА. СЕЗОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НАБЛЮДЕНИЙ.

Тема 4. СЕЗОНЫ ГОДА: ВЕСНА

1. Общие сведения о сезоне.

Весна – сезон разрушения зимнего состояния ландшафта и перехода его к летнему состоянию. Индикатор начала весны – необратимые изменения в снежной и ледовой толще. Радиационный, а вслед за ним и термический режим находятся в восходящем развитии. На весну приходится около 40% годового радиационного баланса. Значительная его часть расходуется на ликвидацию снежного и ледового покровов и на отопгревание охлажденной за зиму почвы. Продолжительность светового дня от 12 до 18ч. Среднесуточные температуры меняются от 0С +15С. Аспекты природы меняются неоднократно: от «зебрового» аспекта разрушающегося снежного покрова до аспекта после зимы полностью восстановившегося растительного покрова (через бурый голый аспект, легкой зеленой дымки, яркой нежно-зеленой весенней зелени). Нарастают аспекты цветения.

Оживление растительности и восстановление ее полной ассимиляционной способности. Перелетные птицы возвращаются с мест зимовок. Наблюдается пролет с юга на север водоплавающих птиц. У млекопитающих - основная пора приплода. Оживление спящих зимой животных. Заметную роль в природе начинают играть комары, мухи, жуки, бабочки, пауки и др.

Погодичная изменчивость весны значительна. Стандартные отклонения сроков наступления большинства сезонных явлений в начале весны близки к ± 10 суткам. К концу весны они сокращаются до 7 – 8 суток.

Весну чаще всего делят на три подсезона: ранняя весна (снеготаяние), оживление весны и разгар весны. Но именно этот сезон в разных моделях фенотериодизации разнообразен по содержанию. Разные авторы выделяют разное количество подсезонов и дают им разнообразные названия

2. Структура весеннего сезона в окрестностях г.Екатеринбурга.

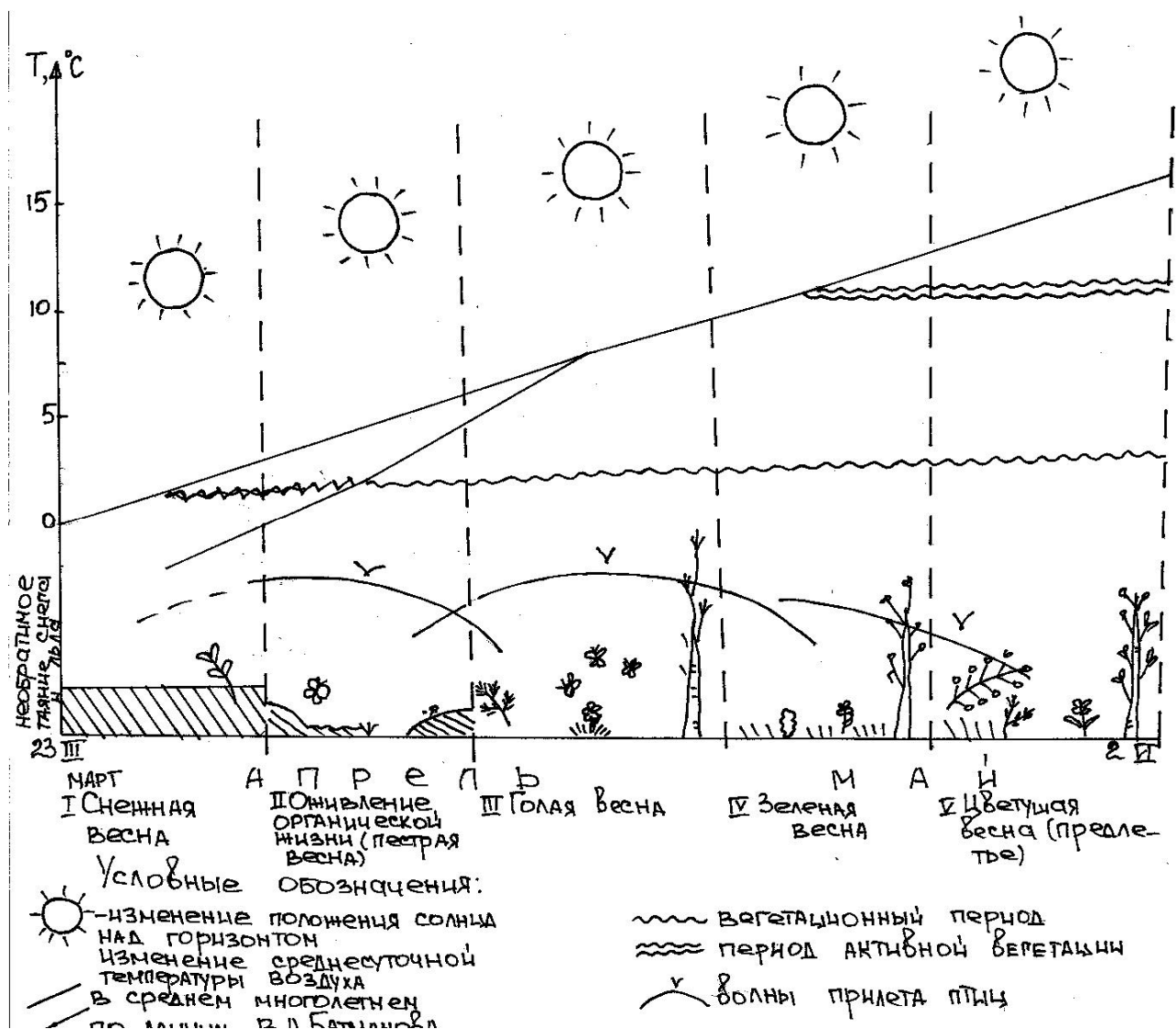


Рис.1 Фенопериодизационная модель весеннего сезона в окрестностях г.Екатеринбурга.

2.1. Снежная весна.

Синонимы. Снеготаяние, ранняя весна, первовесенье.

Продолжительность – около месяца (с 23 .03 по 19.04).

Температуры воздуха среднесуточные – выше 0С; минимальные температуры – выше -5С. Погода неустойчивая. Возможны кратковременные периоды холодов и снегопады и резкие потепления.

Фенологический аккорд. В третьей декаде марта снег оседает, уплотняется, сереет. Эти изменения уже не перекрываются небольшими по продолжительности, хотя еще возможными периодами холода и снегопадами, в снежной толще происходят необратимые изменения. Вода, образующаяся от таяния, сначала вся в сухой снег, от этого он становится тяжелым, зернистым и рыхлым. Затем напившись до отказа, «снег дает воду» и появляются первые ручейки, образуются первые проталины. Органическая жизнь почти не пробудилась. Лишь у ивы козьей лопнули кожистые покровы почечных чешуй. В теплые дни возможно явление плаца у берез. Прилетают грачи, оживают гренландские мухи и иногда бабочки-крапивницы. Начинается линька зверей.

Заканчивается «снежная весна» в окрестностях г.Екатеринбурга во второй половине апреля, завершая собой разрушение зимнего состояния ландшафта, и начинается вегетация растений, знаменуя становление летнего состояния ландшафта. Большинство исследователей придерживаются мнения, что за границы вегетационного периода нужно принимать момент устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через +5С, а также ряд сопряженных с этим сезонных явлений; весной это тесно связано со сходом снежного покрова (Науменко, 1982). *Началом вегетативного периода* принято считать день, когда обнаруживаются первые признаки жизнедеятельности растений (Елагин, 1975, 1976, Науменко и др., 1983). «Извещает» об этом пробуждение и цветение таких «чувствительных» к повышению температуры видов как пушица (Юдина, Максимова, 1985), ольха серая, волчье лыко (Шульц, 1972, Сорин (Минин, 2000), Онищенко, 1983). Также после перехода температуры воздуха через +5С становится заметным набухание почек древесных растений (ШигOLEV, Шиманюк, 1949) и приобретение листьями или хвоей вечнозеленых растений типичной летней окраски (Елагин, 1976).

Определить момент начала вегетации растений обычно нетрудно. Ежегодно это время характеризуется следующими природными явлениями: значительное (в иные годы, например, в 1999г, сильное и резкое) потепление, минимальные температуры воздуха устойчиво поднимаются выше 0С, а среднесуточные – выше +5С; из-под снега освобождаются большая часть почвы; появляются проростки первых видов травянистых, первые цветы (ольха и пушица), набухают почки деревьев и кустарников. В данном случае (и только в данном!) связь фитофенологического и температурного критериев очень прочная и устойчивая («прочная», т.к. с повышением температуры сразу появляются первые явные признаки вегетации; «устойчивая», т.к. проявляется ежегодно). Поэтому устойчивое повышение среднесуточных температур воздуха выше +5С мы обоснованно считаем индикатором наступления вегетационного периода и одновременно второго подсезона весны. В среднем многолетнем по данным Екатеринбургской метеостанции это происходит в двадцатых числах апреля.

2.2. «Голая весна» (II В).

Синонимы. Название этого этапа у разных авторов различны: «оживление весны» (Шульц, 1972, 1981, Минин, 2000, Сорин (Минин, 2000)), «ранневесенний» (Максимова, 1981, Зироян, 1982, Баргесян, 1982, Уманская, 1982, Прудников и др, 1985, Барабаш и др., 1985); «средневесенний» (Деева, 1982), «массовое пробуждение растительности» (Куприянова, 1992). Но наиболее удачными мы считаем – «начало вегетации» (Мироненко, 1975; Буторина, 1979, Власенко, 1982), точно раскрывающее суть происходящих процессов, и «голая весна» (Буторина, Крутовская, 1967; Власенко 1980), дающее визуальную характеристику.

Продолжительность – 3 недели (с 20 .04 по 10.05).

Температуры воздуха среднесуточные – выше +5С; минимальные – выше 0С.

Характерные явления-«индикаторы» – полное таяние снега и льда, бурый «голый» аспект ландшафта, первые проростки трав и первые цветы, набухание

почек деревьев и кустарников. По характеристикам этот подсезон сходен с третьей ступенью весны В.А.Батманова. Но Батманов объединяет во второй ступени весны и активное таяние снега и такие явления, как первые проростки трав, зацветание мать-и-мачехи и пушицы влагилищной (Куприянова, 1995, 2000). Исходя из данных наших наблюдений, следует относить активное таяние снега к первому подсезону весны – «снежной весне» (IВ), а первые цветы и проростки трав к явлениям следующего за снеготаянием подсезона «голой весны» (IIВ).

Появляется много насекомых: шмелей, бабочек (траурница, лимонница, павлиний глаз, больше крапивниц), комаров. Квакают лягушки, около пней можно увидеть первых ящериц. Начинается прилет птиц первой волны: журавли, вальдшнепы, лесные коньки, горихвостки.

Подсезон IIВ разделяют на две ступени.

Первая ступень - IIВ1: продолжительность – 1 неделя.

Фенологический аккорд. Снег лежит ещё отдельными островками, облик зимнезелёных растений (сосна, багульник, кассандра и др.) постепенно становится летним. Набухают почки. Цветёт ольха, затем зацветает пушица, но отцветших соцветий у неё ещё нет. Появляются бутоны у осины. Зелёный оттенок в «голый» аспект вносят лишь зимнезелёные виды.

Вторая ступень - IIВ2: продолжительность – 2 недели.

Фенологический аккорд. Снега нет, тает лед на прудах. Почки деревьев и кустарников проклёвываются, но в аспекте этого ещё не видно. Появляются первые светло-зелёные проростки трав, а в конце и первые распустившиеся листочки у некоторых кустарников, например, у смородины, малины, жимолости обыкновенной и др. Отцвела ольха, отцветает пушица, появляются бутоны у андромеды. Зацветают ожика, прострел желтеющий, волчье лыко, массово зацветает кассандра, появляются бутоны и первые цветки медуницы. В конце ступени (и подсезона) на болоте в сосняке появляются зеленые бутоны у клюквы, в ольшанике окрашиваются бутоны и распускаются первые цветки калуж-

ницы, а на вершине кряжа всходы у василистника простого, чины весенней, лютика многолистного.

Аспект ПВ2. На фоне бурой голой земли появляются разноцветные «брызги» светло-зелёных молодых листочков, розовых цветков волчьего лыка и медуницы, а в конце ступени ярко-желтой калужницы. В сосняке кустарничково-сфагновом грязно-белый аспект кассандры.

2.3. Зелёная весна (III В).

Синонимы – «разгар весны» (Галахов, 1960, Шульц, 1981, Елагин, 1980, Зироян, 1982, Минин, 2000, Сорин (Минин, 2000)); «ранняя весна» (схема Гоффмана-Ине (Шульц, Шамраевский, 1941)) или «ранневесенний» (Максимова, Волкова, 1975); «зеленая весна» (Буторина, Крутовская, 1967; Буторина, 1979, 1982; Власенко, 1980, 1982, Иванов, 1984, Ерёменко, 1999); «ступень зеленения» у В.А.Батманова (Куприянова, 1992).

Продолжительность – 13 дней в середине мая (с 10.05 по 23.05).

Температурные условия. В.А.Батманов (1952) и Г.Э.Шульц (1981) считают характерными для этого этапа среднесуточные температуры воздуха около +10С. Наши наблюдения это факт подтверждают, хотя ежегодно нет прямой зависимости между датами перехода температур выше +10С и кривой вегетации. Если подъём температур плавный и постепенный, то ход температурной кривой вполне соответствует ходу кривой вегетации, т.е. сезонному развитию растительности. Если подъём температур резкий, то сезонное развитие растительности будет в этот момент несколько отставать, и фенологически «зелёная весна» наступит несколько позднее, чем наступят оптимальные для нее температурные условия. Но, так или иначе, началу «зелёной весны» предшествует повышение среднесуточных температур воздуха до +10С. В среднем многолетнем в г.Екатеринбурге по данным метеостанции переход среднесуточных температур воздуха через +10С происходит в десятых числах мая и как раз соответствует началу подсезона «зелёной весны» в принятой нами схеме феноклиматической периодизации.

Фенологический аккорд. Свежая зелень начинает составлять фон. Множество насекомых позволяет возвращаться в родные края все большему числу насекомоядных птиц. Возвращаются мухоловки-пеструшки, славки-завирушки, ласточки (сначала деревенские, потом городские). Закуковала кукушка.

Вегетативный цикл. На протяжении всего подсезона наблюдается максимум фенофазы «проклевывание почек», поэтому основные явления вегетативного цикла на этом этапе – распускание почек, развёртывание листьев, появление проростков травянистых. Две трети видов перешли границу фенофазы «проклевывание почек». В травяном покрове появляются массовые всходы майника, подмаренника северного, лютика многолистного, фиалок, герани лесной, репейничка, подорожника среднего, княженики, вороньего глаза, лютика ползучего, осок и др. Возможно также появление всходов лилии кудреватой, осота разнолистного, незабудки болотной. Поднимаются над землёй «улитки» вай орляка и других папоротников (Odland A. (1995) указывает, что развитие вай папоротников начинается при температуре почвы +7С и температуре воздуха не менее +8С). Участки местности, где орляк является доминантным видом третьего яруса травяного покрова, имеют характерный «ощетинившийся» облик. Это заметное явление может служить хорошим индикатором подсезона.

Процесс роста листьев, характерный больше для подсезона IVB, уже в IIIB активен. Около трети видов находятся в фазе «зеленения». Рост листьев особенно заметен у листопадных деревьев и кустарников, их кроны покрываются легкой светло-зеленой дымкой. Доказано, что в этот момент кустарниковый ярус и берёза в древесном ярусе достоверно опережают в развитии вегетативных органов травянистый ярус и имеют достоверные отличия от Kf(в) всего фитоценоза (пример см. в табл.11).

Зеленение берёз считают индикатором подсезона (Шульц, 1981, Елагин, 1980, Буторина, 1979). «Стартовые» температуры воздуха для начала активного разворачивания и роста листьев берёзы - +11С, почвы - +8С (Цельникер, 1996), что как раз характерно для третьего этапа весны. Данные феномониторинга показали, что в лесах юго-западных окрестностей г.Екатеринбурга в первую по-

ловину подсезона у большинства берёз почки проклюнулись, но листья ещё не распустились, лишь у некоторых начался рост листьев. Визуально, особенно на фоне голубого неба, кроны выглядят ещё голыми. Обычно немного позже большинство берёз уже вступают в фазу «рост листьев» (табл.11), и аспект их крон становится светло-зелёным. Но сезонное развитие вегетативных органов растений на выше упомянутых феноплощадках опережает таковое на территории профиля в целом: $Kf(v)$ 2, 4 и 5ФП больше $Kf(v)_{эт.}$ (см. табл.11). Поэтому в наших исследованиях для окрестностей г.Екатеринбурга в целом «зеленая дымка» берёз была характерным явлением на протяжении всего подсезона «зеленой весны» (ПВ), а ее появление – индикатором начала подсезона.

Таблица 11

Соответствие фенологического состояния берёзы фенологии отдельных фитоценозов и территории исследования в целом в мае 1997г

		17.05.	23.05.	28.05	03.06.
2 ФП	Фен. балл берёзы	3	3	3 (4)	4
	$Kf(v) \pm m$	$2,3 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,2$
4 ФП	Фен. балл берёзы	3	3	3	(3) 4
	$Kf(v) \pm m$	$2,2 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,1$	$3,9 \pm 0,1$
5 ФП	Фен. балл берёзы	3	3	3	4
	$Kf(v) \pm m$	$2,0 \pm 0,2$	$2,4 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,1$
Ср. (1-5ФП)	$Kf(v)_{ср.} \pm m$	$1,8 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$	$3,3 \pm 0,1$

У ольхи разворачивание листьев запаздывает по сравнению с березой, поэтому аспект крон в ольшанике, где ольха соседствует с березой, ещё менее зеленый, более прозрачный, нежели в березняках. В заболоченных сосняках проклевываются почки зимнезеленых кустарничков, но у голубики листьев ещё нет, поэтому здесь нет еще аспекта нежной весенней зелени. В этот период некоторые виды уже вступают в фазу молодых листьев, но их еще мало. Это жимолость обыкновенная, калужница, земляника, манжетка, лютик многоцветковый. У калужницы и лютиков можно увидеть и полностью созревшие листья.

Генеративный цикл. Испытывает подъём кривая фенофазы бутонизации. Для *фенологического аккорда* «зеленой весны» характерны бутонизация василистника простого, лютика многоцветкового, грушанки круглолистной, затем рамишии однобокой, у рябины можно найти зачатки соцветий. Цветет береза. Ожика отцвела, у нее завязываются плоды. В сосняке кустарничково-сфагновом массовое цветение кассандры, в ольшанике массовое цветение калужницы, зацветает фиалка болотная, на кряже цветут черника, осоки, медуница (есть отцветшие особи). К концу подсезона на вершинной части кряжа появляются самые первые цветки чины весенней, хотя для большинства особей вида характерна фаза бутонизации. В поздние вёсны уже в подсезон IIВ зацветает фиалка собачья. Но всё же цветущих видов ещё мало.

Аспект крон листопадных пород – легкая зеленая дымка, в том числе и у берез. В третьем ярусе светло-зеленые пятна злаков и осок, майника и черники, «ощетинившиеся» вай орляка. Дополнительные краски вносят грязно-белый аспект цветущей кассандры, ярко-желтая калужница, розово-фиолетовые пятна медуницы и фиалки.

2.4. Цветущая весна (IVB).

Синонимы – «предлетье» (Галахов, 1960, схема Гофмана-Ине (Шульц, Шамраевский, 1941), Буторина, 1979, 1982, Власенко, 1980, 1982; Шульц, 1981, Науменко и др., 1983, Ерёменко, 1999, Минин, 2000, Сорин (Минин, 2000));

«поздневесенний» (Прудников и др, 1985); «завершение (конец) весны» (Елагин, 1980); ступень «цветения» у Батманова (Куприянова, 1992).

Продолжительность - конец мая – начало июня (23.05 – 10.06), 17 дней.

Температурные условия: среднесуточные температуры воздуха выше +10С и ниже +15С. Елагин И.Н. (1994) считает, что переход листвы в фазу летней вегетации происходит в связи с подъёмом среднесуточной температуры воздуха выше +15С, как приспособительная реакция на ухудшение условий среды – иссушение корнеобитаемого слоя почвы. Этот факт подтверждает весна 1995г, когда рост листьев большинства видов был окончен уже в первой половине мая, и фаза «молодых листьев» длилась до конца месяца (т.е. в два раза дольше, чем в 1996-99гг), до тех пор, пока среднесуточная температура воздуха держалась ниже +15С.

Повсюду с раннего утра до позднего вечера раздается пение птиц, выделяется пение соловья, славок, чечевицы, иволги. Возвращаются последние виды перелетных птиц – черные стрижи и серые славки. Массовое развитие беспозвоночных. Лет майских и других видов жуков, весенних бабочек, начало массовых укусов комаров.

Вегетативное развитие. В конце мая в разгаре процесс роста листьев, начавшийся в предыдущий подсезон IIIВ. Максимальное количество видов находятся в фазе «зеленения» - 40 %, пик фенофазы «зеоенения». Всё больше листьев вступают в эту фазу ежедневно. В конце мая (20 – 28.05.) отмечается максимум скорости фазы зеленения. В начале июня завершается рост листьев, резко возрастает скорость фенофазы «молодого листа», виды дружно вступают в фазу молодой листвы, пик кривой этой фенофазы.

Генеративное развитие. Скорости генеративного цикла резко возрастают. Для фитоценозов в целом характерен этап бутонизации. Кумулята фазы бутонизации преодолевает 50% рубеж. На последнем этапе весны цветет столько же видов (10 – 15%), сколько и в “разгар лета” в середине июля. Поэтому подсезон можно назвать «цветущей весной». Самое характерное явление периода –

аспективное цветение плодовых деревьев и кустарников. Соды покрываются белой и нежно-розовой дымкой цветущих груш черемух, слив, вишен, яблонь...

Фенологический аккорд. В первом ярусе берёза и ольха в фазе роста листьев. В подлеске ростовые процессы завершаются и появляются сформировавшиеся, но ещё светло-зелёные кусты черёмухи, смородины, жимолости обыкновенной, кизильника, а несколько позже малины, ивы, шиповника, жимолости – волчьей ягоды, ирги, волчьего лыка и др. В болотном сосняке на голых ветках голубики появляются и расправляются яркие зеленые листочки. У осины и ракитника рост листьев только начался, а у крушины проклёвываются почки. У хвойных только распускаются почки и расправляются хвоинки. Большинство видов третьего яруса в фазе роста листьев, в том числе василистник простой, сныть, костяника, вейник, буквица, осот разнолистный и др. Появляются всходы «поздних» видов – борщевика, наперстянки, аконита, василистника малого, купены, золотой розги, ястребинки, прострела желтеющего. У папоротников, в том числе и у орляка, расправляются вай. У земляники, черники, майника, купальницы наступила фаза молодых листьев. К концу подсезона у большинства видов рост листьев заканчивается, почти полностью завершается формирование ярусов.

Особенностью последнего подсезона весны является аспекттивное цветение плодовых деревьев и ягодных кустарников (Галахов, 1960, схема Гофмана-Ине (Шульц, Шамраевский, 1941), Елагин, 1980, Шульц, 1981 и др.). На территории профиля цветут жимолость синяя, черемуха, яблоня, смородина, жимолость - волчья ягода, затем зацветает ракитник. Зацветание черемухи – зональный панареальный индикатор подсезона (Батманов, 1952, Буторина, 1979, Елагин, 1980). В травяно-кустарничковом ярусе в сосняке на болоте отцвела касандра, цветет андромеда; в ольшанике отцвевает калужница, зацветают седмичник и первые цветки княженики. На кряжах цветет фиалка собачья, доцветает черника, в привершинных частях кряжей появляются белые соцветия василистника простого и розовые - чины весенней. Во всех сообществах, кроме заболоченных сосняков, можно увидеть цветущий лютик многоцветковый и пер-

вые цветки земляники. В конце подсезона (и сезона) пылит сосна. Её пыльца разлетается на многие километры, и появление, даже в городе, характерного желтого «налёта» по краям луж и водоёмов красноречиво свидетельствует о том, что весенние процессы завершены.

Аспект. Общий аспект растительности – аспект «светлой зелени» во всех ярусах леса. Частные аспекты цветущих видов второго яруса – белые кроны яблонь и черёмух. Под пологом деревьев и высоких кустарников ярко-жёлтый аспект лютика многоцветкового и раkitника; тёмно-желтый – отцветающей калужницы; розовый – чины весенней; сине-фиолетовый – последней медуницы. На болотах уже нет грязно-белого аспекта кассандры, но ярко-зелёные пятна кустиков голубики выделяются на фоне тёмной зелени зимнезелёных кустарничков.

Используемая литература.

Основная

- Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г
- Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992
- Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга (диссертация на соискание уч. ст. к. б. н.) – Екатеринбург, 2000

Дополнительная

32. Барабаш Г.И., Муковина З.П., Камаева Г.М., Кожевникова Л.И., Кунаева Л.И. Сезонная характеристика травяных ценозов Воронежской области // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 35 – 43.

33. Баргесян А.М. Сезонное развитие ситниковых засоленных болот Араратской равнины // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 42 – 44.
34. Булыгин Н.Е. Влияние отдельных факторов погоды на сезонное развитие древесных растений // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1977 – с. 66 – 67.
35. Буторина Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края – Новосибирск, «Наука», 1979 – с. 231.
36. Власенко В.И. Сезонная динамика фитоценозов субальпийского подгольцового пояса Западного Саяна // Динамика лесных биогеоценозов Сибири – Новосибирск, изд. «Наука», 1980 – с. 175 – 200.
37. Власенко В.И. Фенопериодизация вегетационного периода в подгольцово-субальпийском поясе Западного Саяна // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, изд. «Наука», 1982 – с. 34 – 35.
38. Галахов Н.Н. Роль фенологии в решении некоторых задач физической географии // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 70 – 74.
39. Деева Н.М. Сезонное развитие растительных сообществ северо-запада Пусторана // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 47 – 48.
40. Елагин И.Н. Времена года в лесах России – Новосибирск, изд. «Наука», 1994 – 216с. 75 76
41. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов – Новосибирск, изд. «Наука», 1976 – 230 с.
42. Зироян С.Н., Гаспарян А.Г., Айрапетян Ф.П. Ритм сезонного развития основных видов растений горы Арагац // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 40 – 42.

43. Максимова Г.Н., Волкова В.Г. К вопросу о сезонной ритмике некоторых показателей растительности в степях Хакасии // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока. ч. 2 – Иркутск, Иркутское книж. изд., 1975 – с. 59 – 66.
44. Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000
45. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
46. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
47. Онищенко В.В. К методике фенологического прогнозирования сезонного развития растений высокогорных районов // Сезонная и многолетняя динамика растительного покрова в заповедниках РСФСР. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР – Москва, 1983 – с. 18 – 31.
48. Прудников Н.А., Попов А.И., Присный А.В. Сезонная ритмика некоторых компонентов биоценозов природного и культурного ландшафта лесостепи // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 44 – 52.
49. Уманская Н.В. Сезонная ритмика луговых растений восточного Забайкалья // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 127 – 128.
50. Цельникер Ю.Л. Влияние температуры на сроки распускания и скорость роста листа у лиственных деревьев // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем – Москва, изд. МГУ, 1996 – с.164-176
51. Шиголев А.А., Шиманюк А.П. Сезонное развитие природы Европейской части СССР – Москва, гос. изд. Географической литературы, 1949 – 241с.
52. Шульц Г.Э., Шамраевский В.Б. Фенологические наблюдения. – Ленинград, 1941 – 88 с.

ЛЕКЦИЯ 14

РАЗДЕЛ IV: СЕЗОНЫ ГОДА. СЕЗОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ НАБЛЮДЕНИЙ.

Тема 5. СЕЗОНЫ ГОДА: ЛЕТО.

1. Общие сведения о сезоне.

Лето – основной сезон продукции и деструкции живого вещества и газообмена биосфера-атмосфера. На лето приходится не менее 50% годового радиационного баланса. В начале лета (22 июня) продолжительность светового дня достигает максимума – 18ч 50 мин, а к концу его снижается до 15ч. Средние многолетние температуры воздуха в июле держатся около +17С. Расход влаги через транспирацию растений и испарение превышает его приход. Однако в силу больших его запасов в геосистеме лишь в отдельные неблагоприятные годы дело доходит до серьезных засух.

Лето – сезон цветения травянистых видов. Большинство древесных растений пребывает в фазе роста побегов и формирующихся плодов; во второй половине лета нарастает созревание семян плодов. Максимальная активность почвенных и паразитарных микроорганизмов – деструкторов органического вещества. Млекопитающие и птицы вскармливают приплод. В середине сезона пение птиц замолкает. Наблюдается максимум развития беспозвоночных, в первую очередь насекомых.

Основной аспект – летней темно-зеленой зелени. Частные аспекты создаются массово цветущими в разное время травянистыми видами: лютики, клевер, ромашки, иван-чай... В аспекте природы начинают играть роль прямокрылые (кузнечики, кобылки) и летние виды бабочек (шашечницы, бражники, совки и др.).

Погодичная изменчивость сроков наступления летних сезонных явлений по сравнению с весной и осенью снижена. Их стандартные отклонения равны $\pm 6-7$ суток. Фенологическое лето делится на три подсезона: раннее лето (перволетье), полное лето и спад лета.

2. Структура зимнего сезона в окрестностях г.Екатеринбурга

Границу весеннего и летнего сезонов определяют комплексно, учитывая температурный критерий, $K_f(v)$ и $K_f(g)$, а также общепринятые явления-феноиндикаторы. Наступление лета приходится на период, когда среднесуточные температуры воздуха превышают $+15^{\circ}\text{C}$ (Буторина, 1979, Шульц, 1981, Чуйков, Реуцкий, 1984 и др.); листва деревьев и кустарников становится темно-зеленой, лиственные и хвойные породы однотонными (берёза и сосна, в частности) - характерен летний темно-зеленый аспект крон. Отцвела сосна, под пологом леса зацвели рябина обыкновенная, шиповник. Это наблюдается ежегодно при $K_f(v) = 4,0$; $K_f(g) = 2,0$ (2,5) балла. В среднем четырехлетнем дата начала лета в окрестностях города приходится на 7 июня, в городе раньше -3 июня. На верность наших расчетов показывают и средние многолетние данные климатического и фенологического критериев. Так среднесуточные температуры воздуха по данным Екатеринбургской метеостанции в среднем многолетнем 7 – 10.06 устойчиво преодолевают рубеж $+15^{\circ}\text{C}$. Дата зацветания рябины для окрестностей г.Екатеринбурга по наблюдениям В.А.Батманова – 03.06; Федорова – 05.06.; а шиповника соответственно – 05.06. и 07.06. [Цветение шиповника – признанный многими авторами индикатор начала лета (Галахов, 1960, Буторина, 1979; Елагин, 1980; Шульц, 1972, 1981)].

Поскольку температурные условия лета изменяются слабо, для выделения этапов летнего сезона обычно используют непосредственно материалы фенологических наблюдений. Но если весной для целей фенотериодизации главным процессом был рост вегетативных органов растений, то летом листовой аппарат в основном сформирован, зато активно развиваются генеративные органы.

Раннее лето (ІІ).

Синонимы – «перволетье» (Буторина, 1979, 1982, Шульц, 1981, Ерёменко, 1999); «начало лета» (Елагин, 1980, Науменко и др., 1983); «раннее лето» или «раннелетний» (схема Гоффмана-Ине (Шульц, Шамраевский, 1941), Баргесян,

1982, Прудников и др, 1985, Барабаш и др., 1985); 1 и 2 ступени лета (Батманов, 1952).

Продолжительность - 20 дней, с 07.06 по 27.06.

Температурные условия: среднесуточная температура воздуха от +15С до +20С. Минимальные температуры воздуха выше +10С, как и указывает Т.И.Буторина (1979). Заморозки редки, но возможны.

Фенологическая характеристика. Вегетативный цикл. Ростовые процессы замедлены, листва деревьев и кустарников полностью развёрнута, идет рост побегов. Одинаковый темно-зеленый цвет крон лиственных и хвойных деревьев – один из индикаторов начала сезона (и подсезона). Завершается формирование травяного покрова; поднялось в полный рост крупнотравье. Резко возрастает число видов в фазе летней вегетации: к началу лета их более 50%, а к концу подсезона – уже 90%. Это период максимума скорости вегетации - $V(v) = 0,2$ балла в день - за счёт скоростей фенофаз «молодого листа» (v_4) и “зрелого листа” (v_5) – до 10% видов в день. У зимнезелёных видов формирование вегетативных органов ещё продолжается. Кассандра, багульник, андромеда, зимлюбка становятся тёмно-зелёными в 20-х числах июня, брусника – в конце июня. Только в конце июня – начале июля (после 25.06) вырастет полностью и станет тёмно-зелёной хвоя сосны. В отдельные годы некоторые виды задерживаются с созреванием листвы до июля. Например, в 1999г клюква и можжевельник сохраняли светло-зелёные листья до середины июля.

В генеративном цикле у растений в период раннего лета преобладают процессы цветения. Характерное для последнего подсезона весны цветение деревьев и кустарников в основном заканчивается. В завершении этого феноявления в начале лета цветут шиповник и рябина (индикаторы не только начала лета, но и ступени IIII), а затем в середине июня последними – крушина и малина. Весеннее аспективное цветение плодовых деревьев и ягодных кустарников сменяется аспективным цветением лугового крупнотравья (Елагин, 1980, Шульц, 1981). В самом начале лета можно встретить доцветающие весенние виды: рабитник, смородину, фиалки, чину весеннюю, лютик многоцветковый;

также как и в конце уже появлялись первые цветки летних видов: земляники, клевера люпиновидного, седмичника, княженики. Переход от весны к лету характеризует цветение купальницы. Так на Варнацком кряже: первая половина периода ее цветения приходится на подсезон IVB, а вторая половина – на II.

Это период максимума скоростей генеративного цикла - $V(\Gamma) = 0,1 - 0,2$ балла в день. К началу подсезона (и сезона) более 50% видов вступило в генеративный цикл и 30 % перешло между «начало цветения». К концу подсезона 90% видов вступило в генеративный цикл и 80% перешло между «начало цветения». На первый подсезон лета приходятся максимумы бутонизации и цветения.

Подсезон объединяет 2 ступени:

Ступень II1- начало цветения летних видов - приходится на середину июня (7–20.06) и длится около двух недель; скорости начальных фаз генеративного цикла (максимальны, т.е. самое большое количество видов (по 2% и более в день) вступает в генеративный цикл или зацветает. Характерно начало плавного максимума цветения, цветет почти 20% видов, отцветает еще 15% .

Фенологический аккорд II1. Хотя первые цветки седмичника, земляники, княженики появляются ещё в конце весны, массовое цветение этих видов характерно для II1. Цветут гравилат речной, клевер люпиновидный, линнея, малина, лютик ползучий, у купальницы и ракитника фаза активного цветения. Зацветают новые виды: морошка, рябина, майник, костяника, одноцветка, вероника дубравная, чина Гмелина, шиповник, герань лесная, перловник, манжетка, мятлик, багульник и др. Цветение их характерно для II1. В первую ступень лета начинают созревать плоды ожики и калужницы, завязываются первые плоды у жимолости синей, лютика многоцветкового, чины весенней. Появляются пуховки пушицы.

Аспект крон летний, тёмно-зелёный без различия крон лиственных пород и сосны. Третий ярус не имеет полностью тёмно-зелёной окраски. В тех сообществах, где орляк – доминантный вид, он образует сплошной покров. В кустарниковом ярусе аспектным является цветение рябины, в третьем ярусе – бе-

лого майника и фиолетовой герани лесной. Кустарничковый ярус в заболоченном сосняке снова становится белым – теперь от цветов багульника и «пуховок» пушицы. В ольшанике поднимается высокий травяной покров из гравилата речного, таволги, осок и злаков, мешающий свободному перемещению.

Ступень II2 – ступень массового цветения летних видов (21 - 27.06).

Это, действительно, период максимума цветения. Одновременно цветёт наибольшее число видов. Для 20% видового состава (у некоторых фитоценозов до 25%) фазы цветения являются основными. Остальные виды находятся в других фазах, но у некоторых из них всё же есть и цветущие учетные единицы. Поэтому во второй половине июня (II2) можно одновременно увидеть цветки у 50% видов, произрастающих в лесах окрестностей города.

Фенологический аккорд. Зацветшие в первую ступень гравилат речной, малина, клевер люпиновидный, линнея, лютик ползучий продолжают цвести и на ступени II2, поэтому их цветение характеризует весь подсезон раннего лета. Цветение гравилата городского, василистика малого, крушины, купыря, на болоте клюквы – характерные явления этапа II2. В это же время начинают цвести также камыш лесной, лилия кудреватая, черноголовник, астрагал датский, клевер красный и клевер ползучий, грушанка круглолистная. В самом конце ступени распускаются цветки в первых соцветиях вероники лекарственной. У рамишии однобокой окрашиваются бутоны. Зреют плоды калужницы, обсеменяется осина, у медуницы наступает постгенеративная фаза.

Аспект. С отцветанием багульника исчезает белый аспект травяно-кустарничкового яруса в заболоченном сосняке, но пуховки пушицы придают зелёному тону листвы сероватый оттенок. На других площадках также нет ярких “цветочных” оттенков аспекта, так как цветущие виды не имеют ярких цветов, либо немногочисленны.

Полное лето (ПЛ).

Синонимы: «полное лето» (Буторина, 1982, Шульц, 1972, 1981; Ерёменко, 1999, Науменко и др., 1983), «середина лета» (Елагин, 1970); «разгар лета» (Шабанов, 1960, Барабаш и др., 1985); 3 и 4 ступени лета (Батманов, 1952).

Продолжительность - июль (28.06 – 25.07.).

Температурные условия: по средним многолетним данным Екатеринбургской метеостанции температуры достигают летнего максимума (+17С - +18С), заморозков нет.

Вегетативное развитие. Все виды находятся в фазе летней вегетации, признаков отмирания нет, $V(v) = 0$ - летняя «стагнация».

Генеративное развитие. Полное лето характеризуется максимальным разнообразием фенофаз генеративного цикла; последние виды вступают в генеративный цикл, а первые виды заканчивают его. Процессы цветения ещё активны, но уже уступают позиции процессам плодоношения. В начале подсезона 50% видов находятся в фазах бутонизации и цветения, а 50% - в фазах плодоношения и обсеменения. К концу подсезона цветёт менее 20% видов и столько же закончило генеративный цикл, большинство видов (60%) находится в фазах плодоношения и рассеивания плодов и семян.

Индикатор подсезона у Г.Э.Шульца (1984) – начало созревания черники, зацветание сныти и лабазника; у И.Н.Елагина (1980) – цветение таволги и луговой ромашки. По данным наших наблюдений, действительно, индикаторы “полного лета” – цветение таволги, поповника, репейничка, буквицы, наперстянки; начало созревания черники и земляники, обсеменение пушицы.

Подсезон объединяет две ступени:

Ступень ПЛ1 - «макушка» лета. Соответствует третьей ступени лета Батманова В.А. (1952). Продолжительность - 13 дней в конце июня – первой декаде июля (28.06 – 10.07).

Скорости бутонизации и цветения после максимума в предыдущем периоде теперь на третьей ступени лета резко упали. Но активное цветение растений продолжается - цветёт 15% видов. Возросла скорость фенофазы отцвета-

ния, характерен максимум кривой фенофазы отцветания. Всего видов в фазах «бутонизация» – «отцветание» около 40%. Резко увеличивается число видов с зелёными плодами – около 40%; видов обсеменяющихся и в постгенеративной фазе около 20%.

Фенологический аккорд. Цветут сныть и крапива. Последние цветы лютика ползучего и княженики; доцветают вероника и лютик едкий, калган и гравилат городской. Камыш лесной и грушанка однобокая – в фазах «цветения» и «отцветания». Зацветают, характерные для всего подсезона «полного лета», таволга, поповник, репейничек, наперстянка, буквица. Массовое цветение клевера ползучего и клевера красного, черноголовника, борщевика и аконита. В конце ступени распускаются первые цветки в соцветиях бодяка. Индикаторы ступени – цветущие сныть и рамишия однобокая. Появляются зеленые ягоды у брусники, голубики, клюквы, майника, крушины, шиповника, костяники, малины. Под пологом леса созревают – жимолость, черника, а на сухих солнечных местах – земляника, в лесу её ягоды ещё зеленые. У чины весенней, герани и купальницы окрасились плоды. *Аспект летний.* В лесу нет ярких цветочных аспектов, кроме белых соцветий сныти.

Ступень III2 – ступень зеленых плодов.

Продолжительность -15 дней в середине июля (11 – 25.07).

Максимум фенофазы «завязывания плодов и семян». К концу ступени 80% видов преодолевают между фенофазы созревания плодов и семян, из них 40% находятся в фазе «завязывания плодов и семян», по 10% - в фазах «плодоношения» и «обсеменения» и 20% - в постгенеративной фазе. Фенофазы плодоношения преобладают над цветением. Цветущих видов уже мало. Индикатором ступени можно считать цветение зимолубки. Также характерно массовое цветение поповника, бедренца-камнеломки, осота разнолистного, колокольчика скученного и др. Продолжают цвести репешок, наперстянка, буквица, доцветает таволга. Начинается массовое цветение бодяка. Зацветают золотая розга и ястребинка. В сосняке кустарниково-сфагновом заканчивается распространение

семян пушицы. Общий *аспект* – летний, без ярких цветочных частных аспектов.

Спад лета (ШЛ).

Синонимы. Для Ленинграда Г.Э.Шульц выделяет подсезон - «спад лета» с 5 по 22 августа. В сосняках Красноярской лесостепи И.Н.Елагин (1980) описывает период конца июля – начала августа, как время «первых признаков близкого завершения вегетации растений». В августе в южной тайге (Елагин, 1994) также появляются первые признаки отмирания растений. Сходные фенологические характеристики пятой ступени лета в Екатеринбурге у В.А.Батманова (1952). Период «спада лета» выделяют и другие исследователи (Галахов, 1960, Науменко и др., 1983). Названиями этапа также могут быть «позднелетний» (Деева, 1982, Уманская, 1982) или «конец лета» (Шабанов, 1960).

Продолжительность: 20 дней в конце июля – первой половине августа (с 26.07 по 16.08).

Температурные условия: среднесуточные температуры воздуха +15С - +16С, ещё тепло, заморозки крайне редки.

Фенологический аккорд. Генеративный цикл. В феноспектре господствуют фазы плодоношения, обсеменения и постгенеративная; цветущих видов почти нет. Характерное сезонное явление - массовое созревание плодов и семян многих видов, в том числе чины Гмелина, шиповника, рябины, малины, костяники, крушины, смородины, черёмухи, седмичника, линнеи, купыря и др. Зацветают последние виды - кипрей, дудник, гирчовник, ястребинка, золотарник; доцветают – бодяк, поповник, буквица, дудник, колокольчик, последние цветки у бедренца, клевера ползучего и клевера красного. Обсеменяются жимолость синяя, гравилат речной, чина весенняя, сныть, крапива, калган, герань, кошачья лапка, черника; начинают облетать семена берёзы, отпадать плоды жимолости - волчьей ягоды и василистника простого. Поспевание брусники – индикатор подсезона (Шульц, 1981).

Вегетативный цикл. Появляются первые признаки отмирания. Единичные желтые листья в кронах берёз на общем зелёном фоне не заметны. В подлеске первые пожелтевшие листья малины, кизильника, ивы, черёмухи. Начинает окрашиваться самая старая хвоя сосны. В травяном покрове признаки отмирания проявляются сильнее, чем у деревьев и кустарников. Начинают отмирать седмичник, морошка. Становятся коричневыми стебли колосков злаков. Окрашиваются первые листья земляники, майника, крапивы, сныти, калужницы, таволги, княженики, герани, медуницы, гравилата городского, кустики черники, вай орляка.

Аспект. Первые окрашенные листья еще не заметны на общем зеленом фоне, кроме того, после дождей они часто опадают (Елагин, 1980). Поэтому общий аспект ландшафта – летний, зелёный. В травяно-кустарничковом покрове заметны признаки пожелтения первых отмирающих листьев. На северном склоне кряжа аспект трав не темно-зеленый, а блёклый, будто «разбавленный водой». На заболоченных участках пожелтели осоки, у клюквы мелкоплодной много красных листьев. *Аспектов* цветущих трав нет. Лишь на вершинах кряжей в березняках, где количество цветущих видов максимально, разбросаны последние неяркие пятнышки разных оттенков (белые, желтые, голубые, фиолетовые).

Используемая литература.

Основная

- Шульц Г.Э. Общая фенология – Ленинград, Наука, 1981г
- Куприянова М.К., Мельник Н.Б., Щенникова З.Г. Сезонные наблюдения в природе: методическое пособие для учителей - Екатеринбург, 1992
- Терентьева Е.Ю. Комплексные фенологические показатели фитоценозов и их использование при организации феномониторинга (диссертация на соискание уч. ст. к. б. н.) – Екатеринбург, 2000

Дополнительная

2. Барабаш Г.И., Муковина З.П., Камаева Г.М., Кожевникова Л.И., Кунаева Л.И. Сезонная характеристика травяных ценозов Воронежской области // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 35 – 43.
3. Баргесян А.М. Сезонное развитие ситниковых засоленных болот Араратской равнины // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 42 – 44.
4. Булыгин Н.Е. Влияние отдельных факторов погоды на сезонное развитие древесных растений // IV межведомственное совещание по фенологическому прогнозированию – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1977 – с. 66 – 67.
5. Буторина Т.Н. Биоклиматическое районирование Красноярского края – Новосибирск, «Наука», 1979 – с. 231.
6. Власенко В.И. Сезонная динамика фитоценозов субальпийского подгольцового пояса Западного Саяна // Динамика лесных биогеоценозов Сибири – Новосибирск, изд. «Наука», 1980 – с. 175 – 200.
7. Власенко В.И. Фенопериодизация вегетационного периода в подгольцово-субальпийском поясе Западного Саяна // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, изд. «Наука», 1982 – с. 34 – 35.
8. Галахов Н.Н. Роль фенологии в решении некоторых задач физической географии // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 70 – 74.
9. Деева Н.М. Сезонное развитие растительных сообществ северо-запада Пусторана // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 47 – 48.
10. Елагин И.Н. Времена года в лесах России – Новосибирск, изд. «Наука», 1994 – 216с. 75 76
11. Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов – Новосибирск, изд. «Наука», 1976 – 230 с.

12. Зироян С.Н., Гаспарян А.Г., Айрапетян Ф.П. Ритм сезонного развития основных видов растений горы Арагац // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 40 – 42.
13. Максимова Г.Н., Волкова В.Г. К вопросу о сезонной ритмике некоторых показателей растительности в степях Хакасии // Ритмы природы Сибири и Дальнего Востока. ч. 2 – Иркутск, Иркутское книж. изд., 1975 – с. 59 – 66.
14. Минин А.А. "Фенология Русской равнины: материалы и обобщения" - М., 2000
15. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
16. Науменко А.Т. Сезонная жизнь природы горновулканической территории восточной Камчатки // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 13 – 15.
17. Онищенко В.В. К методике фенологического прогнозирования сезонного развития растений высокогорных районов // Сезонная и многолетняя динамика растительного покрова в заповедниках РСФСР. Сборник научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР – Москва, 1983 – с. 18 – 31.
18. Прудников Н.А., Попов А.И., Присный А.В. Сезонная ритмика некоторых компонентов биоценозов природного и культурного ландшафта лесостепи // Сезонная ритмика биоценозов – Москва, изд. «Наука», 1985 – с. 44 – 52.
19. Уманская Н.В. Сезонная ритмика луговых растений восточного Забайкалья // Сезонная ритмика природы горных областей – Ленинград, Сев.-Зап. книж. изд., 1982 – с. 127 – 128.
20. Цельникер Ю.Л. Влияние температуры на сроки распускания и скорость роста листа у лиственных деревьев // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем – Москва, изд. МГУ, 1996 – с.164-176
21. ШигOLEV А.А., Шиманюк А.П. Сезонное развитие природы Европейской части СССР – Москва, гос. изд. Географической литературы, 1949 – 241с.

22. Шульц Г.Э., Шамраевский В.Б. Фенологические наблюдения. – Ленинград, 1941 – 88 с.
23. Шабанов М.А. Некоторые особенности фенологических явлений в Саратовской области // Труды фенологического совещания (29 ноября – 4 декабря 1957г) – Ленинград, гидрометеорологическое изд., 1960 – с. 218 – 223.