

ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

Проскуряков М.А. Градиентный и хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования в горах

Статья. - Сборник «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». -- Материалы международной конференции. - Алматы: Издательство Luxe Media Group. – 2013. – С. 54-60.

В статье на материалах исследований в горах Северного Тянь-Шаня обоснована необходимость сопряженного применения градиентного и хронобиологического анализа горных растений и их экосистем, формирующихся при изменении климата. Это позволит получать научную основу для принятия оптимальных решений по сбережению и использованию горных растительных экосистем. Поможет выяснить уязвимость и временной ход изменений характеристик растительных экосистем в горах. Даст возможность отслеживать движение координат экологических и фитоценотических оптимумов растений. Разрабатывать инновационные рекомендации по сохранению биоразнообразия, ресурсной ценности, защитно-охранной роли и поддержанию биологической устойчивости растительного покрова гор. Корректировать приемы по уходу и защите растений. Проектировать наиболее выгодные направления развития и размещения бизнеса по использованию растительных ресурсов в режиме циклических изменений климата. Создавать технологии обеспечивающие наибольшую экономическую эффективность и получение прибыли в ведении бизнеса при наименьших затратах и вмешательстве в природные процессы в каждый конкретный период изменения климата.

Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.

ГРАДИЕНТНЫЙ И ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРАХ

М.А.Проскуряков
РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции»
Г.Алматы, Республика Казахстан,
proskuryakov_137@mail.ru

Рассмотрена проблема применения градиентного и хронобиологического анализа растений для оптимизации режима их использования при колебаниях горного климата

The application problem gradients the analysis and chronobiologic the analysis of plants for optimisation of a mode of their use at fluctuations of a mountain climate is considered

Исследованиями климатологов доказано, что климат любого участка территории Земли непрерывно и притом циклично колеблется, даже если при этом его глобальные изменения и не происходят [1-7]. Такие цикличные колебания обусловлены влиянием океанов, их течений, внутриматериковыми движениями воздушных масс и космическими причинами. В том числе - динамикой солнечной активности. Причем в разные месяцы года может наблюдаться своя специфика цикличности данного процесса. Например, для Казахстана установлено, что в январе здесь закономерны 9, 21, 25 и 34-летние колебания средних месячных температур воздуха. В апреле максимальные амплитуды колебаний температуры имеют 5, 8 и 16-ти летнюю цикличность. А в области от 25 до 50 лет в апреле наиболее четко прослеживаются циклы длительностью 29, 32-34 и 37 лет. В июле проявляются 5, 7, 12, 17, 28, 37 и 38-летние циклы колебания средних месячных температур воздуха. В октябре диагностировались 15, 21 и 34-летние циклы [7]. На этих основаниях здесь можно сделать весьма важный для биологов вывод о том, что путем циклических колебаний климата природа непрерывно и повсюду изменяет среду обитания растений, даже если они и живут на постоянном месте. Насколько существенны такие колебания климата для жизни растений, показывает следующий факт. Только в режиме времени изменения климата с 1997 по 2011гг у коллекционных растений Института ботаники и фитоинтродукции Республики Казахстан (г. Алматы) линия регрессии начала пыления лещины смещалась на 19 дней. И размер данного смещения оказался равным величине ранее зафиксированного по состоянию на 1973г географического смещения начала пыления лещины на расстоянии одной трети широтной протяженности ее естественного ареала [8,9].

Но, как известно, в горной местности положение экологического и фитоценотического оптимумов для растений корректируется рельефом, который весьма сильно дифференцирует общеклиматический фон местности. Наглядно проиллюстрировать это здесь можно на примере построенной автором эмпирической шкалы встречаемости древесных растений в плодовых лесах ущ. Котур-Булак Центрально-Зайлийского лесорастительного района (рис.1). Она отражает зафиксированное по состоянию на 1985 год градиентное распределение горных фитоценозов формируемых растениями *Armeniaca vulgaris* Lam., *Malus sieversii* (Ldb.) M. Roem, *Crataegus almaatensis* Pojark., *Acer semenovii* Rgl. et Herd, *Populus tremula* L., *Ramnus cathartica* L., *Berberis heteropoda* Schrenk, *Cotoneaster racemifolia* (Dest.) C. Koch, *Atrophaxis muschketovii* Krassn., *Spirea hypericifolia* L., *Lonicera tatarica* L., *Lonicera hispida* Pall., *Lonicera tianshanica* Pojark., *Rosa platiacantha* Schrenk, *Rubus idaeus* L., *Ribes meyeri* Maxim. По оси ординат шкалы отложена абсолютная высота местности. По оси абсцисс указана величина возможного годового прихода прямой солнечной радиации. А в центре каждой клетки шкалы записаны величины встречаемости древесных растений (в процентах), для оценки которых использовались круговые учетные площадки размером 16м². В числителе помещены данные о встречаемости главных лесообразующих пород, а в знаменателе - встречаемость растений формирующих подлесок. Методика и опыт градиентного анализа для построения такой шкалы опубликованы [10,11]. Поэтому здесь на них останавливаться не будем.

		Встречаемость древесных растений, в %				
Высота над уровнем моря, м	1300	<u>8Аб,8Брк</u> 46Шп,39Кр,23Ж	<u>16Ос,12Аб,8Яб,8Брк,2Кл</u> 43Шп,18Ж,16Кр,2Кз	<u>22Аб,22Брк,13Яб,3Кл,2Ос</u> 49Шп,29Кр,20Ж,10Брб,7Кз, 1Тв,1Кур	<u>10Аб,10Брк,9Яб,1Кл</u> 78Шп,15Ж,14Кр,5Кур, 4Тв,3Брб,1Кз	<u>6Аб,6Брк</u> 68Шп,23Тв,17Кур, 3Ж,2Кр
	1200	<u>26Брк,12Аб,4Яб,4Кл</u> 44Ж,35Кр,30Шп, 9Брб,9Кз	<u>26Аб,25Брк,12Яб,10Кл,1Вз</u> 30Ж,21Кр,14Шп,12Брб,10Кз	<u>35Аб,31Брк,12Яб,4Кл,3Вз,1Ос</u> 29Шп,29Кр,25Ж,8Брб,4Кз, Тв,2Кур	<u>27Аб,26Брк,11Яб,3Кл,1Вз</u> 52Шп,14Кр,13Ж,6Брб,5Кур, 2Кз,1Вз	<u>15Брк,14Аб,5Яб,1Кл</u> 72Шп,24Тв,6Кур,6Кр, 5Ж,1Брб,1Вз
	1100	<u>89Брк,56Аб,11Яб</u> 39Брб,28Ж,11Шп, Тв,6Кз	<u>59Брк,46Аб,11Яб</u> 28Ж,25Шп,14Брб, 13Тв,6Кр	<u>45Брк,35Аб,9Яб,3Вз</u> 51Шп,28Ж,20Тв,6Брб, 3Кр,2Кз	<u>36Брк,16Аб,10Яб,1Кл,1Вз</u> 57Шп,52Тв,13Ж,4Кр,1 Брб,1Кз	<u>26Брк,11Аб,4Яб</u> 65Тв,57Шп,9Ж, 5Кр,3Брб
	1000	<u>54Аб,49Брк,14Кл,8Вз,6Яб</u> 74Шп,58Ж,39Тв,17Кур, 14Брб,11Кз,5Кр	<u>45Брк,21Аб,6Вз,5Кл,1Яб</u> 62Шп,55Тв,27Кур,10Брб 7кз,3Кр	<u>25Брк,11Аб,11Яб,2Кл,1Вз</u> 71Шп,44Тв,27Ж,2Брб,2Кз	<u>23Брк,8Аб,5Яб,1Вз</u> 64Шп,59Тв,14Ж, 2Кр,1Кз	<u>10Брк,елКл,Вз,Яб,Аб</u> 50Тв,30Шп,1Ж,елКз
	900	<u>16Аб,15Кл,8Вз</u> 100Шп,62Тв,31Кур, 15Ж,8Кз	<u>5Брк,4Кл,3Аб</u> 90Шп,40Тв,18Кур, 3Кз,2Ж	<u>4Кл,3Брк,1Аб,елВз</u> 50Шп,40Тв,7Кур,3Ж,елБрб	<u>2Аб,1Брк,елЯб,елКл,елВз</u> 39Шп,16Тв,1Ж,елКур,елКз	7Шп,5Тв,1Кур
		37,5-67,5	67,6-97,5	97,6-127,5	127,6-157,5	157,6-187,5
Возможный годовой приход прямой солнечной радиации, ккал/см ² .год						

Цветовые обозначения процента встречаемости абрикоса: 46-56% ; 21-35%;10-16%; ед.-8%

Рис. 1. Эмпирическая шкала встречаемости древесных растений пояса плодовых лесов в ущ. Котур-Булак Центрально-Заилийского лесорастительного района по состоянию на 1985г. Пояснения в тексте.

Обозначения: Яб-яблоня; Аб-абрикос; Брк-боярышник; Ос-осина; : Ив-ива; Кл-клен. Вз-вяз; Кур-курчавка; Шп-шиповник ;Ж-жимолость;Тв-таволга; Кр-крушина;Брб-барбарис;Кз-кизилник.

Материалы эмпирической шкалы рис.1 наглядно отражают основное разнообразие структуры плодовых лесов ординированное по градиентам высоты местности и инсолируемости склонов. Они позволяют убедиться, что сложный рельеф гор мощно детерминирует градиентную дифференциацию растительного покрова, что хорошо видно на примере выделенной разным цветом степени обилия абрикоса. А в результате здесь на небольших расстояниях и в весьма широком диапазоне изменчивости происходит быстрая смена видового состава и продуктивности растений. Выполненная таким способом ординация растительного покрова позволяет определить репрезентативное количество и экологические адреса ключевых объектов для стационарных исследований. А уже по их результатам можно путем камеральной интерполяции данных с высокой точностью выяснить закономерности жизни всего растительного покрова горных территорий.

Для большей полноты представления о возможностях такого градиентного анализа горных растений на рис.2 предлагаются графики иллюстрирующие изменчивость растений того же региона хребта Заилийского Алатау, по которому строилась и упомянутая выше шкала. Все графики этого рисунка позволяют констатировать одну общую для них закономерность. Она состоит в том, что детерминируемые рельефом изменения общеклиматического фона местности производят очень существенные в жизни растений изменения их роста, развития, биологической продуктивности и физиологических свойств. Например, у яблони с изменением абсолютной высоты местности более чем вдвое изменяется высота деревьев и в пять раз - урожайность плодов (рис.2а, б). А дата начала ее цветения в диапазоне абсолютных высот от 1100м до 1800м сдвигается на 14 дней позже (рис. 2в). У абрикоса с изменением высотно-климатической поясности закономерно и

притом многократно изменяется доля деревьев отличающихся вкусом плодов и содержанием в них сахара (рис.2г). У растений аконита белоустого (*Aconitum leucostomum* Worosch.) в пределах абсолютных высот от 1500м до 2200м более чем вдвое возрастает количество сахарозы (рис.2д) и в пять раз - интенсивность фотосинтеза (рис.2е).

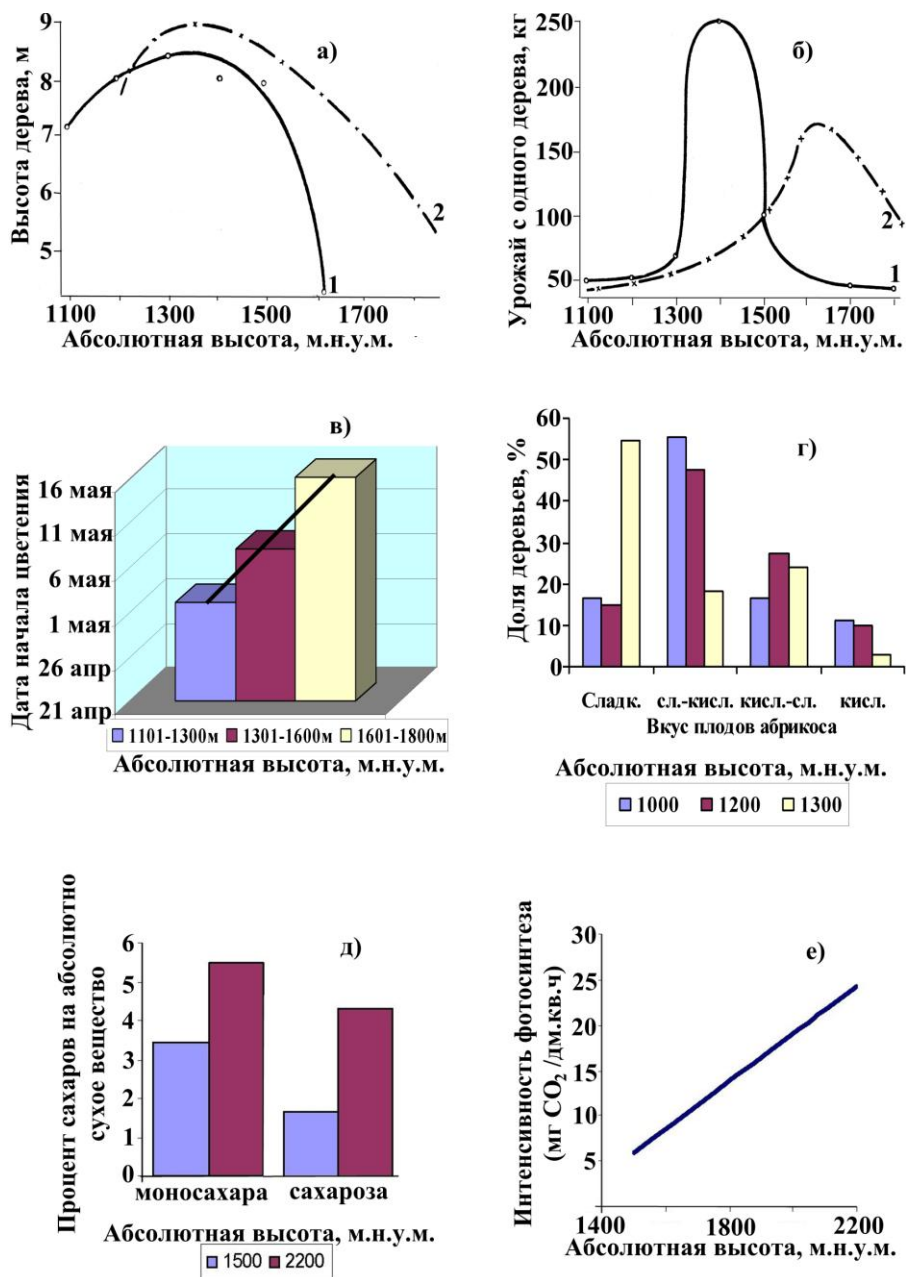


Рис. 2. Влияние рельефа на растения центральной части хребта Заилийского Алатау Северного Тянь-Шаня

а) – высота 75 -100-летних деревьев яблони по [12]; б) - урожайность плодов яблони на северных (1) и южных (2) склонах яблони по [12]; в) - смещение даты цветения яблони по [12]; г) - распределение доли деревьев абрикоса с разным вкусом плодов по [11]; д), е) - интенсивность фотосинтеза и содержание растворимых сахаров в листьях аконита по [13]

Но, как уже было отмечено выше, климат циклично колеблется, что, в свою очередь, будет детерминировать и колебания свойств растений. Факты наличия таких колебаний уже удалось зафиксировать в материалах свыше двухсот временных рядов, которые отражали динамику изменения самых разных свойств растений Казахстана. В их числе - временные

ряды различных фаз роста и развития, прироста растений в высоту, веса 1000шт их семян, длительности периода вегетации, продуктивности нектаровыделения, а также ряда характеристик процессов консортивных связей между энтомофильными растениями и насекомыми-опылителями. Такие результаты получены на примере многих видов растений обитающих в диапазоне экологического полигона от Северного Тянь-Шаня до Южного Прибалхашья. А также и для горных растений [11].

Отсюда становится ясно, что корректирующее жизнь растений действие горного рельефа происходит в режиме постоянного колебания общеклиматического фона местности. И в качестве конкретной иллюстрации поведения горных растений в режиме времени изменения общеклиматического фона местности здесь будет уместно остановиться на результатах двадцатилетних исследований, которые отражают динамику цикличного смещения начала цветения яблони Сиверса на абсолютной высоте 800м в нижних границах пояса плодовых лесов хребта Заилийского Алатау. Эти исследования проводились в период глобального потепления климата с 1994 по 2013гг [11].

Как свидетельствуют о том результаты статистического анализа материалов выполненных здесь хронобиологических наблюдений, дата начала цветения яблони весьма существенно коррелировала с изучаемым периодом жизни ее растений в режиме изменяющегося климата. Теснота этой связи, характеризуемая корреляционным отношением даты цветения (Y) по шкале времени изменения климата (X), составляет более 83% от полной неразрывной (корреляционное отношение $\eta_{yx} = 0,83 \pm 0,13$). Нулевая гипотеза об отсутствии связи отвергается, т.к. для рассчитанного корреляционного отношения $t_{\eta\text{факт}} = 6,23$ больше $t_{\text{табл } 0,01} = 3,92$. В целом же выполненный корреляционный анализ с вероятностью 99,9% показывает наличие статистически значимой, близкой к функциональной связи цикличного колебания даты цветения яблони с изученным периодом изменения климата. Это, в свою очередь, подтверждается и коэффициентом детерминации ($d_{yx} = 0,68$), согласно которого почти 70% доли вариации даты цветения яблони происходит согласованно именно со шкалой времени изменения климата. Построенная с помощью специально разработанной методики [14] линия регрессии (рис. 3) показывает наличие двух четко выраженных шестилетних цикла колебания в смещении даты начала цветения яблони. Первый цикл – с 1998 по 2004гг. Второй – с 2004 по 2010гг. В первом цикле с 1998г по 2001г дата цветения сначала сместилась в раннюю сторону на 16 дней со средней скоростью 5,3 дня в год, а затем с 2001г по 2004г сместилась в позднюю сторону на 11 дней со скоростью 3,7 дня в год.

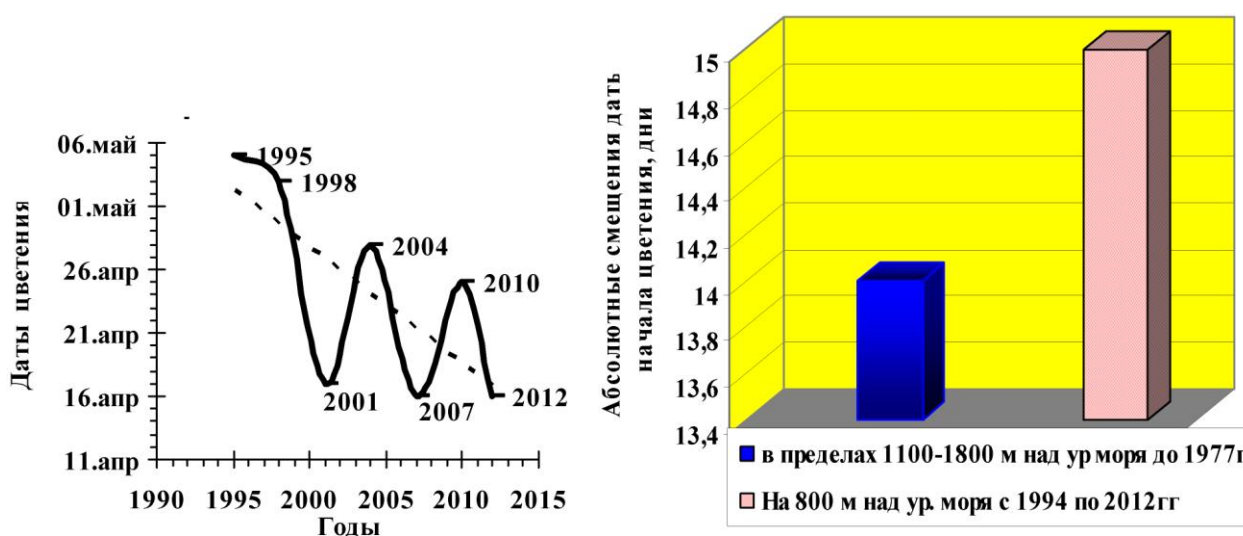


Рис.3. Цикличное смещение даты начала цветения яблони Сиверса в Заилийском Алатау. На левой диаграмме - линия регрессии и линейный тренд смещения даты цветения для абсолютной высоты 800м при изменениях климата в период 1994-2012гг. (данные автора).

На правой диаграмме – итоговые величины смещения даты цветения по [12] в пределах пояса абсолютных высот 1100 – 1800м по состоянию на 1977г и на высоте 800м.

При этом, как видим, величина первого смещения оказалась даже больше амплитуды смещения зафиксированного по [12] для всего пояса плодовых лесов. А дата самого позднего срока цветения на абсолютной высоте 800м соответствовала дате цветения указанной [12] для абсолютной высоты 1400м. Во втором же цикле с 2004г по 2007г дата цветения сначала также сместилась в раннюю сторону на 12 дней со средней скоростью 4 дня в год, а потом с 2007г по 2010г опять сместилась в позднюю сторону на 9 дней со скоростью 3 дня в год. В целом же к концу наблюдаемого двадцатилетнего периода итоговое смещение в раннюю сторону даты цветения яблони на высоте 800м перекрыло величину всей амплитуды высотно-поясного различия даты начала ее цветения в пределах границ от 1100 до 1800м, которая в свое время была констатирована А.Д.Джангалиевым по состоянию на 1977г [12].

Как известно, все фенологические изменения у растений тесно связаны с физиологическими, биохимическими, ферментативными процессами, с ритмом и скоростью ростовых процессов происходящих в растениях. Они отражают то, насколько условия среды соответствует требовательности и биологическому ритму развития растений, адаптационной стратегии растений. Отсюда становится ясно, что обнаруженные выше путем хронобиологического анализа мощные смещения сроков цветения яблони есть следствие детерминируемых климатом глубоких внутренних изменений в жизни растений.

Все сказанное выше позволяет констатировать, что в горах происходит, с одной стороны, локальная дифференциация общеклиматического фона местности под действием горного рельефа, а с другой, - постоянные колебания самого общеклиматического фона местности, что в своей совокупности обуславливает весьма значительные непрерывные колебания пространственных границ экологических и фитоценологических оптимумов горных растений. Поэтому имеющее место непрерывное движение пространственных границ оптимумов у растений должно обязательно учитываться и быть принято за основу при разработке рациональной системы природопользования. Иначе любое вмешательство человека в жизнь горных растений никогда не будет адекватно условиям их жизни.

В данной связи важное место в решении проблемы оптимизации природопользования в горах принадлежит именно хронобиологическому анализу изменения свойств растений в режиме колебаний климата. Хронобиологический анализ позволит непрерывно отслеживать движение границ экологических и фитоценологических оптимумов любых видов горных растений. Для этого с его помощью можно получать статистически достоверные числовые оценки степени уязвимости свойств растений, а также графические линии регрессии и аналитические формулы, количественно отражающие временной ход изменения характеристик их свойств. Удастся оценить вариабельность характеристик растений при изменении климата, определить реактивность и чувствительность системообразующих компонентов растительных ассоциаций, их индикаторных представителей. Обнаружить такие сдвиги, которые окажутся существенными, угрожают выживаемости растений, превышают уровень их адаптационной способности и свидетельствуют об их высокой чувствительности и уязвимости. Представится возможность оценивать стабильность или уязвимость каждой растительной системы в динамике ее развития. Определять критические пороговые значения режимов времени изменения климата, при которых будет происходить необратимая трансформация растительного покрова. Удастся понять адаптационную стратегию растений в пределах изученных периодов их жизни в горах. Оценивать ресурсную перспективность составляющих растительные системы конкретных видов растений в каждом конкретном периоде жизни и прогнозировать ход трансформации их жизнеспособности и свойств путем интерполяции данных для промежуточных экологических ситуаций. И, хотя результаты хронобиологического анализа не смогут в исчерпывающей мере раскрыть биологическую суть происходящих процессов, с их помощью можно разрабатывать рекомендации для наиболее продуктивного, экономичного,

но, в то же время, и щадящего режима использования растений. С учетом всего вышеизложенного для достижения положительных результатов работа должна быть организована по предлагаемой ниже схеме (рис.4).

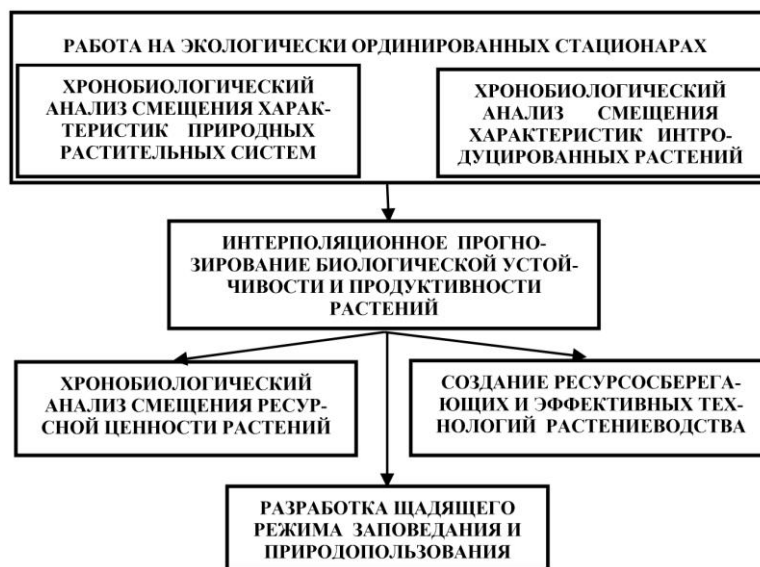


Рис. 4. Порядок организации работы по применению хронобиологического анализа растений

Для контроля и достоверного хронобиологического анализа поведения растений в режиме колеблющегося горного климата, прежде всего, нужно создать системно-организованные экологически ординированные стационарные хронобиологические исследования. Количество и размещение стационарных наблюдений должно репрезентативно учитывать природное разнообразие растительных систем, что можно сделать с помощью рассмотренного выше градиентного анализа. На основе наблюдений ключевых стационаров должна формироваться и постоянно пополняться база данных для выполнения долгопериодного и краткосрочно – поэтапного интерполяционного прогнозирования движения границ оптимумов растений и свойств формируемых ими растительных систем во время колебаний климата. Тогда получаемые результаты хронобиологического анализа позволят оперативно решать следующие важнейшие задачи природопользования в горах.

- Создавать карты отражающие движение экологических и фитоценотических оптимумов растений в режиме колебаний климата.
- Определять наиболее выгодные направления развития бизнеса по использованию растительных ресурсов в режиме колебания климата.
- Проектировать рациональное размещение объектов бизнеса.
- Корректировать приемы по уходу и защите растений в режиме колебания климата.
- Разрабатывать технологии обеспечивающие наибольшую экономическую эффективность и получение прибыли в ведении бизнеса при наименьших затратах и вмешательстве в природные процессы в каждый конкретный период изменения климата.

Такой подход к решению проблемы позволит вести природопользование на концептуально новой основе, с наименьшими затратами, но с максимальной эффективностью. В эту концептуальную основу будет положено не стремление исправить или любой ценой ослабить неблагоприятное влияние климата, а целенаправленное использование сил самой природы по созданию оптимальных условий обитания для тех видов растений, в которых человек нуждается. Удастся вести природопользование, избегая мест климатических невзгод. Лавируя между ними в пространстве и времени флюктуации

климата. Использовать силы самой природы, как главного участника в создании наиболее благоприятных условий для тех видов растений, в которых человек нуждается. Получить возможность постоянно иметь максимальную для флуктуирующих климатических условий биологическую продуктивность растений. Только на основе такого подхода удастся решать задачу вовлечения в хозяйственный оборот именно тех видов растений, в таких местах их обитания и в такие сроки изменения климата, где природа сама обеспечивает их наибольшую продуктивность. Вместе с тем данный подход позволит существенно ослабить и неблагоприятные для природы последствия антропогенного вмешательства. Уменьшит вред от вмешательства человека в природные процессы. Притом с высокой степенью уверенности в результатах. В управляемом режиме. В режиме согласованном с изменениями климата и, одновременно, с потребностями человека. Сократит неэффективные затраты труда и времени по восстановлению растительных ресурсов.

Сопряженное применение градиентного и хронобиологического анализа горных растений позволит расширить, углубить и конкретизировать понимание процессов изменения растительности в период трансформации климата, получить научную основу достаточную для принятия важных решений по использованию и сбережению горных растительных систем в режиме трансформации климата. Поможет выяснить уязвимость и временной ход изменений исследуемых характеристик растительных систем в горах. А в итоге даст возможность разрабатывать инновационные рекомендации по сохранению биоразнообразия, ресурсной ценности, защитно-охранной роли и поддержанию биологической устойчивости растительного покрова.

Список литературы

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. Гидрометеоздат. Л.Ч. 1 и 2. 1964. - 446с.
2. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Гидрометеоздат. Л. 1971. - 158с.
3. Долгосрочные колебания погоды и климата и их прогнозирование /Е.П.Борисенков, Е.В.Воробьева, Т.В.Покровская и др. //Современные фундаментальные исследования Главной геофизической обсерватории. Л.1977. - С. 40-50.
4. Груза Г.В. Мониторинг и вероятностный прогноз месячных и сезонных колебаний атмосферных процессов над северным полушарием. //Тр. 5-го Всесоюз. Совещ. По применению статистических методов в метеорологии. - Л.1987. - С.13-19.
5. Колебания климата за последнее тысячелетие /А.А.Абрамова, Т.Т.Битвинскас, Е.П.Борисенков и др.- Гидрометеоздат. Л.1988. - 408с.
6. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. /Под ред. Б.Болина. Гидрометеоздат. Л. 1989. – 557 с.
7. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. Гидрометеоздат. С.-Петербург.1991. -304с.
8. Проскуряков М.А., О.П.Зайченко, И.В.Бабай, В.А.Масалова, С.В. Набиева, А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова, И.В.Хусаинова. Географическая и хронобиологическая изменчивость сроков развития растений. Тр. Международн. конф.12-16 авг. 2013г.«Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». Издательство Luxe Media Group. Алматы. 2013. - С.124 – 130.
http://www.docme.ru/doc/906959/sohranenie-i-racional._noe-ispol._zovanie-genofonda-dikih
9. Атлас лесов СССР. М. 1973. - С. 16-17.
10. Проскуряков М.А., Пусурманов Е.Т., Кокорева И.И. Изменчивость древесных растений в горах (методические вопросы исследования). Изд. Наука, Алма-Ата. 1986. - 130 с.
11. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. Т.18(1). Алматы. 2012. - 228с.
http://ashipunov.info/shipunov/school/books/proskurjakov2012_khronobiol_analiz.pdf
12. Джангалиев А.Д. Дикая яблоня Казахстана. Изд. Наука Каз ССР. Алма-Ата.1977. - 281с.
13. Беденко В.П. Фотосинтез. В кн. Эколого-физиологические исследования горных растений. Наука Казахской ССР. Алма-Ата. 1971. - С.13-20.
14. Проскуряков М.А. Методика определения скорости и величины смещения характеристик растений при изменении климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. Тр.междунар. конф. 6-7 июня 2013. «Издательство LEM» Алматы. 2013. – С. 132-135.