

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КОМИТЕТ НАУКИ  
РГП «ИНСТИТУТ БОТАНИКИ И ФИТОИНТРОДУКЦИИ»

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖАБАЙЫ ЖЕМІСТІ ОРМАНДАРЫНЫҢ  
ТЕКТІК ҚОРЫН САҚТАУ ЖӘНЕ ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ**

**СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ГЕНОФОНДА ДИКИХ ПЛОДОВЫХ ЛЕСОВ КАЗАХСТАНА**

**Алматы  
2013**



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КОМИТЕТ НАУКИ  
РГП «ИНСТИТУТ БОТАНИКИ И ФИТОИНТРОДУКЦИИ»

АО «ЛЕСНОЙ ПИТОМНИК»

СОВЕТ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ И ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРКОВ КАЗАХСТАНА

«СОХРАНЕНИЕ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНОФОНДА  
ДИКИХ ПЛОДОВЫХ ЛЕСОВ КАЗАХСТАНА»

Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН РК, заслуженного деятеля науки Казахстана, доктора биологических наук, профессора А.Д. Джангалиева  
(13-15 августа 2013г., Алматы, Республика Казахстан)

«PRESERVATION AND RATIONAL USE OF GENETIC FUND OF WILD FRUIT FORESTS  
OF KAZAKHSTAN»

Proceedings of the International academic conference, dedicated to the 100th anniversary of Academic NAS RK, honoured Scientist of the Kazakhstan, Doctor of Biological Sciences, Professor A.D.Dzhangaliev  
(August 13-15, 2013, Almaty, The Republic of Kazakhstan)

Алматы  
2013

УДК 634.1/7

ББК 43.4

Қ 18

Редакционная коллегия: Ситпаева Г.Т.- д.б.н.  
Муканова Г.С.- к.б.н.  
Валиева Б.Г.- к.б.н.  
Вдовина Т.А.- к.б.н.  
Джангалиева С.А.- к.с.-х.н.  
Санкайбаева А.Г.- магистр

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

**Қ18 «Қазақстанның жабайы жемісті ормандарының тектік қорын сақтау және тиімді пайдалану»;** ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан ғылымына еңбек сіңірген қайраткер, биология ғылымының докторы, профессор А.Ж. Жанғалиевтің 100 жылдығына арналған Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары (13-15 тамыз 2013, Алматы, Қазақстан Республикасы) / Luxe Media Group/Алматы, 2013-200 б.

**Қ18 «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана»;** Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН РК, заслуженного деятеля науки Казахстана, доктора биологических наук, профессора А.Д. Джангалиева. (13-15 августа 2013, Алматы, Республика Казахстан) / Luxe Media Group/Алматы, 2013-200 с.

ISBN 978-601-80287-4-8

В сборнике опубликованы научные статьи ученых и специалистов Казахстана, Беларуси, Кыргызстана, России, Таджикистана, Украины, Узбекистана, подготовленных в рамках Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика НАН РК, заслуженного деятеля науки Казахстана, доктора биологических наук, профессора А.Д. Джангалиева. Круг рассматриваемых вопросов охватывает области сохранения, восстановления и рационального использования генофонда диких плодовых лесов Средней Азии.

Настоящий сборник издан за счет средств программно-целевого финансирования по теме «Ботаническое разнообразие диких сородичей культурных растений Казахстана как источник обогащения и сохранения генофонда агробиоразнообразия для реализации продовольственной программы».

УДК 634.1/7

ББК 43.4

ISBN 978-601-80287-4-8

## ГРАДИЕНТНЫЙ И ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ГОРАХ

Проскуряков М.А.  
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 циклические 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-Заилийского лесорастительного района (рис.1). Она отражает зафиксированное по состоянию на 1985 год градиентное распределение горных фитоценозов формируемых растениями *Armeniaca vylgaris* 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 16м<sup>2</sup>. 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,2 Ос</u> 49Шп,29Кр,20Ж,10Брк,7Кз, 1Тв,1Кур	<u>10Аб,10Брк,9Яб,6,1Кл</u> 78Шп,15Ж,14Кр,5Кур, 4Тв,3Брк,1Кз	<u>6Аб,6Брк</u> 68Шп,23Тв,17Кур, 3Ж,2Кр
	1200	<u>26Брк,12Аб,4Яб,4Кл</u> 44Ж,35Кр,30Шп, 9Брк,9Кз	<u>26Аб,25Брк,12Яб,10Кз,1Бз</u> 30Ж,21Кр,14Шп,12Брк,10Кз	<u>35Аб,31Брк,12Яб,4Кз,3Бз,1Ос</u> 29Шп,29Кр,25Ж,8Брк,4Кз, Тв,2Кур	<u>27Аб,26Брк,11Яб,3Кз,1Бз</u> 52Шп,14Кр,13Ж,6Брк,5Кур, 2Кз,1Бз	<u>15Брк,14Аб,5Яб,1Кл</u> 72Шп,24Тв,6Кур,6Кр, 5Ж,1Брк,1Бз
	1100	<u>89Брк,56Аб,11Яб</u> 39Брк,28Ж,11Шп, Тв,6Кз	<u>59Брк,46Аб,11Яб</u> 28Ж,25Шп,14Брк, 13Тв,6Кр	<u>45Брк,35Аб,9Яб,3Бз</u> 51Шп,28Ж,20Тв,6Брк, 3Кр,2Кз	<u>36Брк,16Аб,10Яб,1Кз,1Бз</u> 57Шп,52Тв,13Ж,4Кр,1 Брк,1Кз	<u>26Брк,11Аб,4Яб</u> 65Тв,57Шп,9Ж, 5Кр,3Брк
	1000	<u>54Аб,49Брк,14Кз,8Бз,6Яб</u> 74Шп,58Ж,39Тв,17Кур, 14Брк,11Кз,5Кр	<u>45Брк,21Аб,6Бз,5Кз,1Яб</u> 62Шп,55Тв,27Кур,10Брк, 7Кз,3Кр	<u>25Брк,11Аб,11Яб,2Кз,1Бз</u> 71Шп,44Тв,27Ж,2Брк,2Кз	<u>23Брк,8Аб,5Яб,1Бз</u> 64Шп,59Тв,14Ж, 2Кр,1Кз	<u>10Брк,11Кз,1Бз,Яб,Аб</u> 50Тв,30Шп,1Ж,1Кз
	900	<u>16Аб,15Кз,8Бз</u> 100Шп,62Тв,31Кур, 15Ж,8Кз	<u>5Брк,4Кз,3Аб</u> 90Шп,40Тв,18Кур, 3Кз,2Ж	<u>4Кз,3Брк,1Аб,1Бз</u> 50Шп,40Тв,7Кур,3Ж,1Брк	<u>2Аб,1Брк,1Яб,1Кл,1Бз</u> 39Шп,16Тв,1Ж,1Кур,1Кз	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 <sup>2</sup> .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-Зайлийского лесорастительного района по состоянию на 1985г. Пояснения в тексте. Обозначения: Яб-яблоня; Аб-абрикос; Брк-боярышник; Ос-осина; Ив-ива; Кл-клен. Вяз-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 выявить 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 Зайлийского 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 изме-

няется 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).

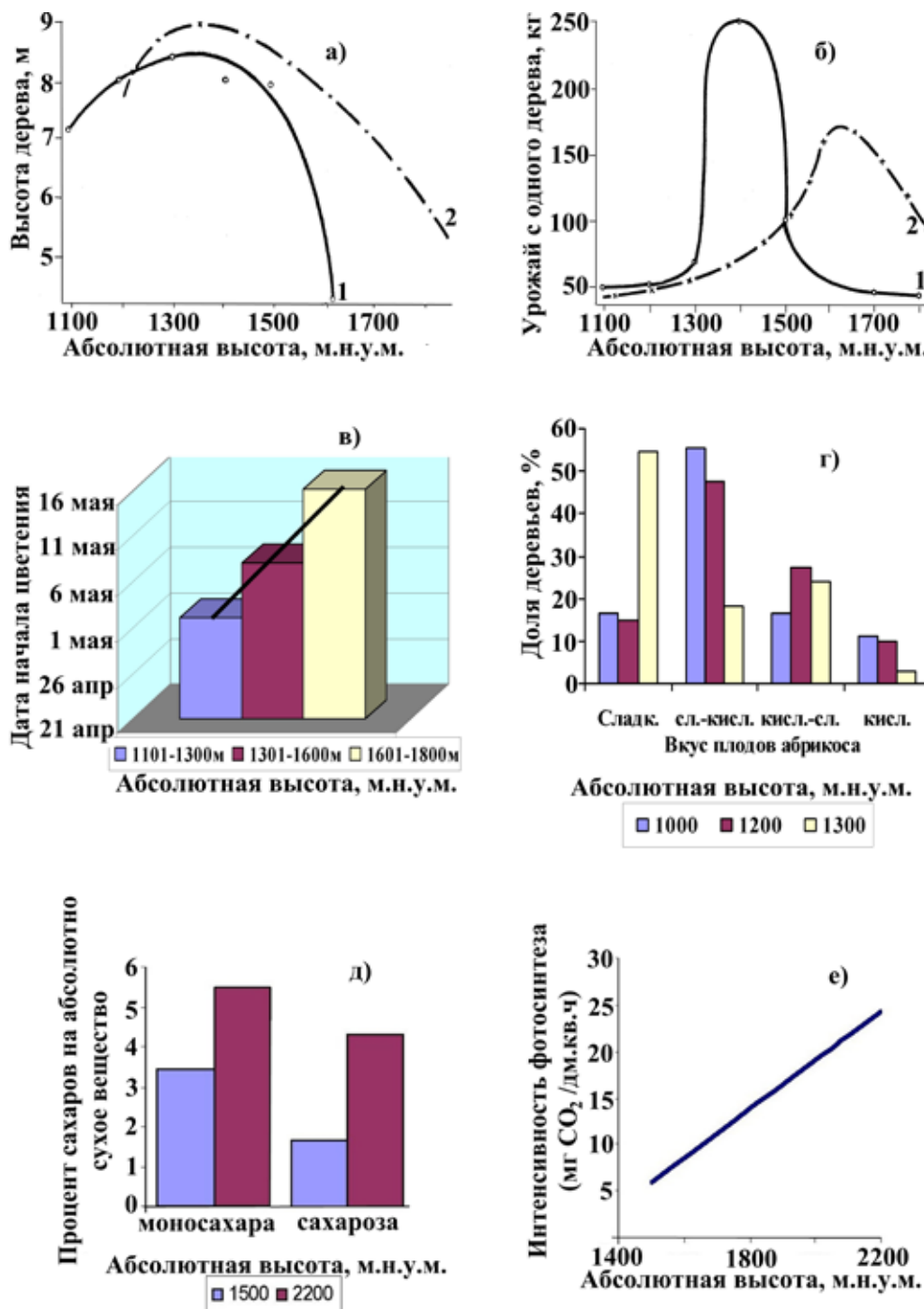


Рис. 2 - Влияние рельефа на растения центральной части хребта Зайлийского Алатау Северного Тянь-Шаня: а- высота 75 -100-летних деревьев яблони по [12]; б- урожайность плодов яблони на северных (1) и южных (2) склонах по [12]; в- смещение даты цветения яблони по [12]; г - распределение доли деревьев абрикоса 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 циклического 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  $t_{\text{факт}} = 6,23$  больше  $t_{\text{табл.ool}} = 3,92$ . В целом же выполненный корреляционный анализ с вероятностью 99,9% показывает наличие статистически значимой, близкой к функциональной связи циклического колебания даты цветения яблони с изученным периодом изменения климата. Это, в свою очередь, подтверждается и коэффициентом детерминации ( $d_{yx}^2 = 0,68$ ), 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.

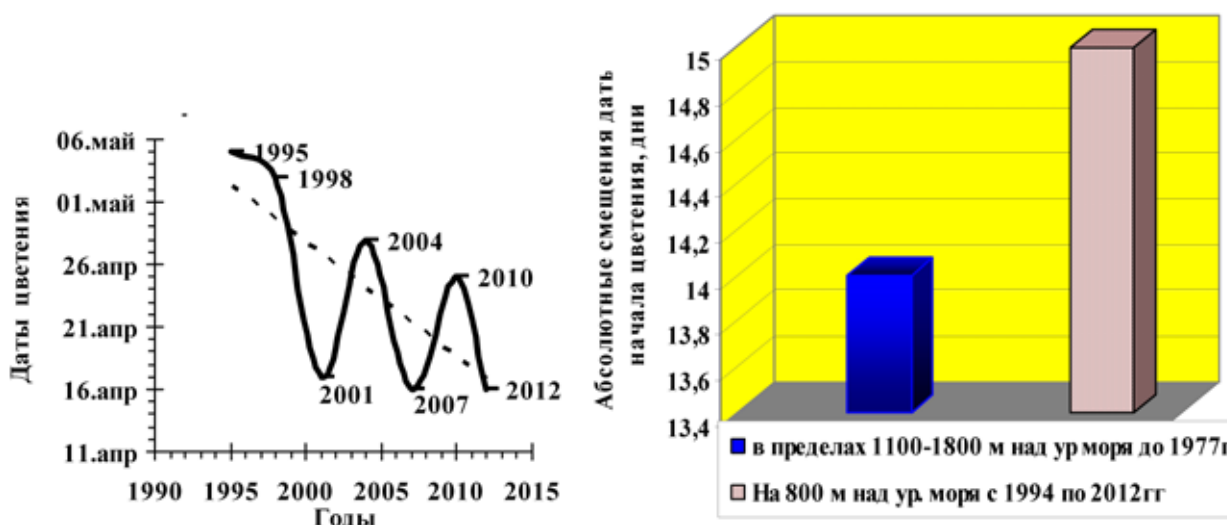


Рис.3 – Циклическое смещение даты начала цветения яблони Сиверса в Заилийском Алатау. На левой диаграмме - линия регрессии и линейный тренд смещения даты цветения для абсолютной высоты 800м при изменениях климата в период 1994-2012гг. (данные автора). На правой диаграмме – итоговые величины смещения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





Рисунок 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. Получать возможность постоянно иметь максимальную для флюктуирующих 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 антропоген-

ного 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 выявить 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. - Л.: Гидрометеиздат. Ч. 1 и 2, 1964. - 446с.
2. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 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. Битвинкас, Е.П. Борисенков и др.- Гидрометеиздат, Л.1988.- 408с.
6. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. /Под ред. Б. Болина.-Л: Гидрометеиздат, 1989.- 557 с.
7. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. Гидрометеиздат. С.-Петербург. 1991.-304с.
8. Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В., Масалова В.А., Набиева С.В., Ишаева А.Н., Исмаилова Н.А., Хусаинова И.В.. Географическая и хронобиологическая изменчивость сроков развития растений. Тр. Междунардн. конф. 12-16 авг. 2013г. «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». - Алматы, 2013. [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz)
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). - Алма-Ата: Изд. Наука, 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://www.moip.msu.ru>, [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz)
12. Джангалиев А.Д. Дикая яблоня Казахстана. - Алма-Ата: Изд. Наука Каз ССР, 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. . Хронобиологический анализ 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. [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz)

### The resume.

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

## ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРОКОВ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В., Масалова В.А., Набиева С.В.,  
Ишаева А.Н., Исмаилова Н.А., Хусаинова И.В.  
РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции»  
г.Алматы, Республика Казахстан,  
proskuryakov\_137@mail.ru

Рассмотрена географическая и хронобиологическая изменчивость сроков развития растений в режиме циклических колебаний климата

It is considered geographical and chronobiologic variability of terms of development of plants in a mode of cyclic fluctuations of a climate

В 2013 году авторами этой статьи была выполнена статистическая обработка материалов 21-летних наблюдений по 180-ти временным рядам девяти фаз развития у двадцати таксонов растений из рода *Corylus*, которые выращивались на коллекционном участке в Главном ботаническом саду Института ботаники и фитоинтродукции (г. Алматы). В их числе растения двадцати разных форм, сортов и видов лещины из европейской и дальневосточной части территории России, Японии, Китая, Америки, гор Кавказа и других регионов. В итоге выяснилось, что корреляционный анализ таких временных рядов позволяет решать задачи объективного исследования поведения растений в период изменения климата [1]. В этой связи целью данной статьи ставилось сопоставить характеристики хронобиологической и географической изменчивости сроков развития растений лещины.

В качестве индикаторного объекта анализа здесь будет рассмотрена лещина широко известного сорта Тамбовский ранний (*Corylus avellana* 'Tamboskyi rannii'). Он был получен не с помощью гибридизации, а путем отбора растений лещины обыкновенной в естественно формирующихся лесах Там-

бовской области и последующего их вегетативного размножения на опытных плантациях [2]. И такое происхождение индикаторного объекта было наиболее приемлемым для наших исследований, т.к. размножение вегетативным путем обеспечивало высокую степень генетической выравненности растений.

Изучаемая плантация орешника ботанического сада (г.Алматы) располагается у подножия хребта Заилийский Алатау в предгорной территории Северного Тянь-Шаня. Детальная характеристика условий обитания растений в этой местности опубликована в ряде работ [3-5] Поэтому останавливаться на ней не будем. Отметим лишь, что по данным Казгидромета за период 1936-2005гг климат Казахстана значительно потеплел. Среднегодовая температура воздуха возрасла в среднем на 0,31°C за каждые 10 лет[6]. Сходные процессы были констатированы Росгидрометом и в естественном ареале лещины обыкновенной[7].

В процессе выращивания растений соблюдалось постоянство участка и агротехники. Растения развивались при отсутствии взаимоотношения. В период вегетации плантация регулярно поливалась. Всем этим обеспечивалось соблюдение принципа единственного различия условий обитания – изменения температурного режима. Фенологические наблюдения за растениями этой плантации орешников проводились О.П. Зайченко в период 1992-2012гг. Анализ материалов ее наблюдений и текст статьи выполнены М.А. Проскуряковым. Им же осуществлялось научно-методическое руководство статистической обработкой наблюдений на плантации орешника, расчеты которой выполнялись И.В. Бабай, В.А. Масаловой, С.В. Набиевой, А.Н. Ишаевой, Н.А. Исмаиловой и И.В. Хусаиновой.

Хронобиологический анализ развития растений выполнялся по специально разработанной методике [8,9], согласно которой растения рассматривались как процессуальная система, работающая в режиме времени изменения климата. Вход в эту систему - период жизни растений, т.е. временной интервал лет, в течение которого она функционирует при изменении климата. Конкретными состояниями периода жизни растений – являются годы, охваченные наблюдениями (X). Выход системы – изучаемые свойства растений (Y). Путем корреляционного анализа связи между входом данной системы (периодом жизни растений в режиме изменяющегося климата) и ее выходом (свойствами растений) удалось получить очень важные сведения: о степени уязвимости, скорости, направлении и величине смещения изучаемых показателей растений лещины. А чтобы результаты анализа оказались более гибко сопряжены с временным режимом колебаний климата, в корреляционных таблицах применялась группировка данных по три года.

Результаты выполненного анализа сортовой лещины представлены на рис.1 и в таблице 1. Было установлено, что сроки наступления фаз развития растений весьма существенно коррелировали с изученным периодом изменения климата. Наиболее тесной эта связь оказалась для всех фаз цветения и плодоношения лещины (см. рис.1). Например, величина корреляционного отношения начала фазы пыления составила  $\eta_{yx} = 0,90 \pm 0,11$  (при коэффициенте детерминации  $d_{yx}^2 = 0,81$ ). Для фазы созревания плодов -  $\eta_{yx} = 0,99 \pm 0,04$  (при коэффициенте детерминации  $d_{yx}^2 = 0,98$ ). Нулевая гипотеза об отсутствии связи в обоих этих случаях отвергается на весьма высоком уровне значимости, т.к.  $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл } 0,01}$ . И, следовательно, с вероятностью 99,9% можно констатировать наличие статистически значимой, близкой к функциональной связи. А судя по коэффициентам детерминации по этим фазам развития растений около 81-98% доли вариации их сроков определяется именно их согласованностью с временной шкалой периода изменения климата. В отношении всех остальных фаз развития растений полученные результаты также статистически значимы, т.к. нулевая гипотеза об отсутствии связи отвергается ( $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$ ). При этом величины корреляционных отношений с вероятностью от 95% до 99,9% подтверждают высокую степень уязвимости для большинства изученных фаз развития (на рис.1 это обозначено сплошными линиями регрессии). И только для фаз разворачивания почек и начала роста побегов имеет место средняя степень уязвимости (на рис.1 обозначено прерывистыми линиями регрессии). Для этих фаз, судя по коэффициентам детерминации, уже лишь не более 34% сроков их наступления варьирует согласованно с временной шкалой периода изменения климата.

Представленные на рис.1 и в материалах таблицы 1 числовые оценки направления, величины и скоростных режимов смещения даты каждой из девяти анализируемых фаз развития растений лещины

позволяют констатировать, что в целом линии регрессии отражают четко выраженную циклическую изменчивость характеристик фаз развития растений. Притом за 20-летний период наблюдений имели место разные скоростные режимы, направления и величины смещения даты наступления фаз. И каждая наблюдаемая фаза развития растений имела свою индивидуальную специфику изменения.

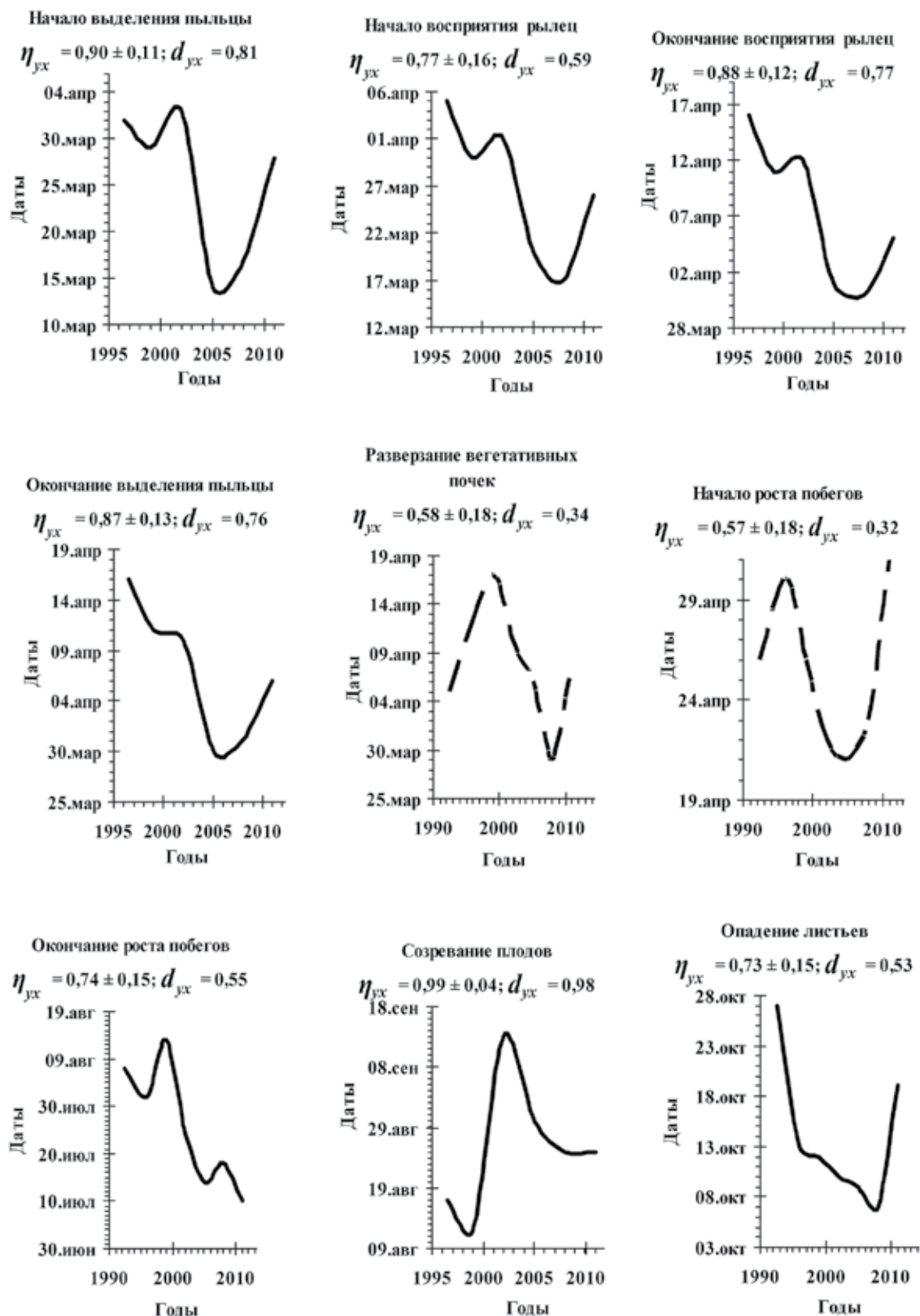


Рис. 1 - Линии регрессии фаз развития *Corylus avellana* 'Tamboskyi ranni'

Таблица 1 - Динамика смещения линий регрессии по фазам развития *Corylus avellana* 'Tamboskyi rannii'

Фенологическая фаза	Диапазон лет анализируемого периода регрессии, гг	Длительность периода, лет	Даты фенофазы в начале и конце периода	Направление и величина смещения фенофазы, в днях	Скорость смещения фенофазы, дней/год
1	2	3	4	5	6
Начало выделения пыльцы	1997-1999	2	1 апр - 29 мар	-3	-1,5
	1999-2002	3	29 мар - 2 апр	4	1,3
	2002-2005	3	2 апр - 14 мар	-19	-6,3
	2005-2008	3	14 мар - 17 мар	3	1,0
	2008-2011	3	17 мар - 28 мар	11	3,7
Конец выделения пыльцы	1997-1999	2	16 апр - 11 апр	-5	-2,5
	1999-2002	3	11 апр - 10 апр	-1	-0,3
	2002-2005	3	10 апр - 30 мар	-11	-3,7
	2005-2008	3	30 мар - 31 мар	1	0,3
	2008-2011	3	31 мар - 6 апр	6	2,0
Начало восприятия рылец	1997-1999	2	5 апр - 30 мар	-6	-3,0
	1999-2002	3	30 мар - 1 апр	2	0,7
	2002-2005	3	1 апр - 20 мар	-12	-4,0
	2005-2008	3	20 мар - 17 мар	-3	-1,0
	2008-2011	3	17 мар - 26 мар	9	3,0
Конец восприятия рылец	1997-1999	2	16 апр - 11 апр	-5	-2,5
	1999-2002	3	11 апр - 12 апр	1	0,3
	2002-2005	3	12 апр - 1 апр	-11	-3,7
	2005-2008	3	1 апр - 31 мар	-1	-0,3
	2008-2011	3	31 мар - 5 апр	5	1,7
Начало разверзания почек	1993-1996	3	5 апр - 12 апр	7	2,3
	1996-1999	3	12 апр - 17 апр	5	1,7
	1999-2002	3	17 апр - 10 апр	-7	-2,3
	2002-2005	3	10 апр - 6 апр	-4	-1,3
	2005-2008	3	6 апр - 29 мар	-8	-2,7
	2008-2011	3	29 мар - 7 апр	9	3,0
Начало роста побегов	1993-1996	3	26 апр - 30 апр	4	1,3
	1996-1999	3	30 апр - 26 апр	-4	-1,3
	1999-2002	3	26 апр - 22 апр	-4	-1,3
	2002-2005	3	22 апр - 21 апр	-1	-0,3
	2005-2008	3	21 апр - 23 апр	2	0,7
	2008-2011	3	23 апр - 1 май	8	2,7
Конец роста побегов	1993-1996	3	7 авг - 1 авг	-6	-2,0
	1996-1999	3	1 авг - 13 авг	12	4,0
	1999-2002	3	13 авг - 24 июл	-20	-6,7
	2002-2005	3	24 июл - 14 июл	-10	-3,3
	2005-2008	3	14 июл - 18 июл	4	1,3
	2008-2011	3	18 июл - 10 июл	-8	-2,7
Созревание плодов	1997-1999	2	17 авг - 12 авг	-5	-2,5
	1999-2002	3	12 авг - 13 сен	32	10,7
	2002-2005	3	13 сен - 30 авг	-14	-4,7
	2005-2008	3	30 авг - 25 авг	-5	-1,7
	2008-2011	3	25 авг - 25 авг	0	0,0

Опадение листьев	1993-1996	3	27 окт - 13 окт	-14	-4,7
	1996-1999	3	13 окт - 12 окт	-1	-0,3
	1999-2002	3	12 окт - 10 окт	-2	-0,7
	2002-2005	3	10 окт - 9 окт	-1	-0,3
	2005-2008	3	9 окт - 7 окт	-2	-0,7
	2008-2011	3	7 окт - 19 окт	12	4,0

Но вместе с тем можно отметить и ряд общих закономерностей их динамики. Так, - к 2002 году для всех фаз цветения и созревания плодов наблюдалось четко выраженное колебательное смещение даты в более поздние сроки. А затем все эти фазы развития показали сильное смещение даты их наступления в раннюю сторону. Например, дата начала выделения пыльцы устойчиво смещалась в раннюю сторону с 2002 по 2005гг. При этом сдвиг ее наступления в раннюю сторону составил 19 дней и скорость данного процесса достигала 6,3 дня в год. Далее же имело место довольно быстрое смещение начала этой фазы в обратном направлении. И за период с 2005 по 2011гг она снова сместилась в позднюю сторону уже на 14 дней. Фаза начала восприятия рылец с 2002 по 2008гг сместилась в раннюю сторону на 15 дней. При этом скорость ее смещения достигала 4 дня в год. Фаза окончания восприятия рылец с 2002 по 2008гг сместилась на 12 дней со скоростью до 3,7 дня в год. Фаза окончания выделения пыльцы сместилась с 1997 по 2005гг на 17 дней раньше со скоростью смещения достигавшей 3,7 дня в год. Фаза разверзания вегетативных почек сместилась в раннюю сторону за период с 1999 по 2008гг на 19 дней со скоростью до 2,7 дней в год. Фаза начала роста побегов сместилась с 1996 по 2005гг на 9 дней. При этом в отдельные периоды скорость такого смещения достигала 1,3 дней в год.

Но, уже после отмеченного выше активного смещения в раннюю сторону, у всех весенних фаз развития происходило четко выраженное цикличное смещение их сроков в более позднюю сторону. Это наблюдалось в фазах начала выделения пыльцы, начала восприятия рылец, окончания восприятия рылец, окончания выделения пыльцы, разверзания вегетативных почек, начала роста побегов. То есть - у всех весенних фаз развития лещины, протекающих с марта по апрель включительно. Все установленные выше факты свидетельствуют об том, что после 2005г происходили сдвиги календарного срока наступления этих фаз развития в том же направлении, которое наблюдалось в предшествовавшие более холодные годы.

Подобное же смещение в раннюю сторону наблюдалось и для ряда последующих фаз развития растений. Например, окончание роста побегов претерпевало возвратные колебания в период с 2005 по 2008гг. А фаза опадения листьев с 2008 по 2011гг сместилась в позднюю сторону на 12 дней со скоростью 4 дня в год. В целом же все приведенные выше результаты анализа также подтверждают вывод о том, что циклические колебания сроков фаз развития растений есть явление закономерное.

В свете вышеизложенного сопоставим теперь полученные результаты и закономерности смещения сроков развития лещины обыкновенной в пределах ее естественного ареала. Для этого рассмотрим материалы рис.2 заимствованного из «Атласа лесов СССР» [10], которые отражают географические закономерности смещения сроков пыления лещины по состоянию на 1973г в пределах всей европейской части территории бывшего СССР. Как известно, г. Алматы, где проводились наши наблюдения, расположен хотя и восточнее, но тоже на уровне южной широтной границы ареала естественного произрастания лещины. И в данной связи наблюдавшееся в условиях г. Алматы (см. табл.1, период с 2002 по 2005гг) наиболее мощное колебание календарных дат начала пыления лещины (со 2 апреля по 14 марта) соответствовало весьма существенному географическому диапазону смещения даты ее пыления. А именно, - в пределах широты местности от г. Краснодара до г. Харькова, т.е. на расстоянии около 700км, что составляет третью часть протяженности всего широтного диапазона природного ареала лещины. Это свидетельствует, что путем циклических колебаний климата природа непрерывно и очень сильно изменяет реакцию растений, даже если они и живут на постоянном месте. Причем, как можно было убедиться, возникающие циклические колебания свойств растений имеют весьма большую амплитуду. И происходят они даже в процессе глобальных изменений климата.



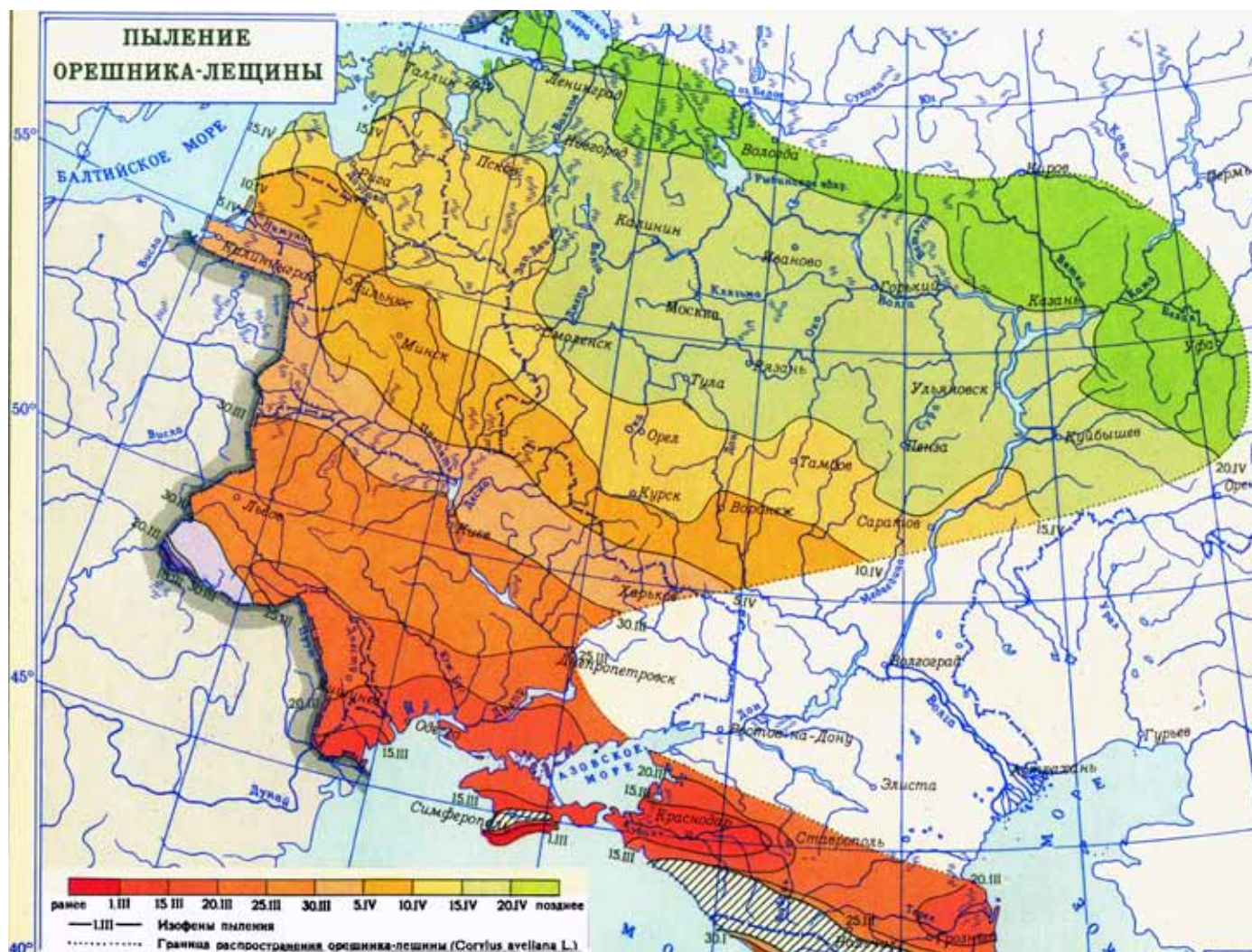


Рис.2- Географическое смещение даты пыления растений лещины обыкновенной по состоянию на 1973г по [10]

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 соответствуют требовательности и биологическому ритму развития растений, адаптационной стратегии растений. Отсюда становится ясно, что обнаруженные путем хронобиологического анализа мощные смещения сроков развития растений есть следствие детерминируемых климатом глубоких внутренних изменений в жизни растений. И в данном аспекте все сказанное выше объективно подтверждает целесообразность ранее обоснованного концептуально нового подхода к решению проблемы природопользования [11,12]. В его основу должно быть 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. Для этого природопользование нужно вести избегая мест климатических невзгод. Лавируя между ними в пространстве и времени флуктуации климата. Но реализовать такое концептуально новое решение проблемы возможно только на основе непрерывного системно организованного хронобиологического анализа поведения растений в режиме колебаний климата. Тогда на базе полученных результатов хронобиологического анализа можно будет уверенно и с максимальной эффективностью вовлекать в хозяйственный оборот именно те виды растений, в таких местах их обитания и в такие сроки изменения климата, где природа сама обеспечивает их максимальную продуктивность при наименьших производственных затратах.



### Список литературы

1. Проскуряков М.А., Зайченко О.П., Бабай И.В., Масалова В.А., Набиева С.В., Ишаева А.Н., Исмаилова Н.А., Хусаинова И.В. Хронобиологический анализ корреляций у растений при их адаптации к изменению климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. Тр.междунар. конф. 6-7 июня 2013. «Издательство LEM».Алматы. – С.140-143. 2013.С.www.botsad.kz
2. Рекомендации по выращиванию посадочного материала и созданию промышленных плантаций орешника на селекционной основе. - М., 1978. - 64 с.
3. Чупахин В.М. Природное районирование Казахстана. Наука. Каз ССР. - Алма-Ата, 1970. - 262 с.
4. Джангалиев А.Д. Взаимосвязь яблоневых насаждений с почвенными условиями их произрастания. ВНИИТЭИСХ. - М., 1973. - 152 с.
5. Тазабеков Т.Т. Плодородие горных и предгорных почв. Изд. Кайнар. Алма-Ата.1977. 190с
6. Второе Национальное сообщение Республики Казахстан Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2009. - 190 с.
7. Пятое национальное сообщение Российской Федерации. - М., 2010. - 130 с.
8. 8. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. - Т.18(1). - Алматы, 2012. - 228 с. <http://www.moip.msu.ru>, [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz).
9. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ 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..С.132-135. 2013. [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz).
10. Атлас лесов СССР. - М., 1973. – С. 16-17.
11. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования при колебаниях климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. // Тр.междунар. конф. 6-7 июня 2013. «Издательство LEM». – Алматы. - С.132-135. - 2013. – С.128-131. [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz)
12. Проскуряков М.А. Градиентный и хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования в горах. //Тр. Междунар. конф. 12-16 авг. 2013 г. «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». – Алматы, 2013. [www.botsad.kz](http://www.botsad.kz).