

## ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

### **Проскуряков М.А. , Зайченко О.П. и др. Географическая и хронобиологическая изменчивость сроков развития растений**

Статья. - Сборник «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». -- Материалы международной конференции. - Алматы: Издательство Luxe Media Group. – 2013. – С. 124-130.

В статье на примере таксонов из рода *Corylus* выполнено сравнение результативности хронобиологической и среднесуточной оценок изменчивости сроков развития растений. Установлено, что в режиме циклических колебаний климата природа непрерывно и мощно изменяет фенологическую реакцию растений, даже если они и живут на постоянном месте. Поэтому среднесуточные оценки сроков наступления фенофаз у растений не позволяют вести природопользование с учетом климатических невзгод. Решить такую проблему можно только путем долговременного системно организованного хронобиологического мониторинга поведения растений.

**Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.**

## ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРОКОВ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

М.А.Проскуряков, О.П.Зайченко, И.В.Бабай, В.А.Масалова, С.В. Набиева,  
А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова, И.В.Хусаинова  
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 Тамбовской 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.

Исследуемая 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 возрастала в среднем на 0,31<sup>0</sup>С 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  $d_{yx} = 0,81$ ). Для фазы созревания плодов  $\eta_{yx} = 0,99 \pm 0,04$  (при коэффициенте детерминации  $d_{yx} = 0,98$ ). Нулевая гипотеза об отсутствии связи в обоих этих случаях отвергается на весьма высоком уровне значимости, т.к.  $t_{факт}$  больше  $t_{табл. 001}$ . 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 ( $t_{факт} > t_{табл.}$ ). 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 разверзания 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.

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. Притом 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.

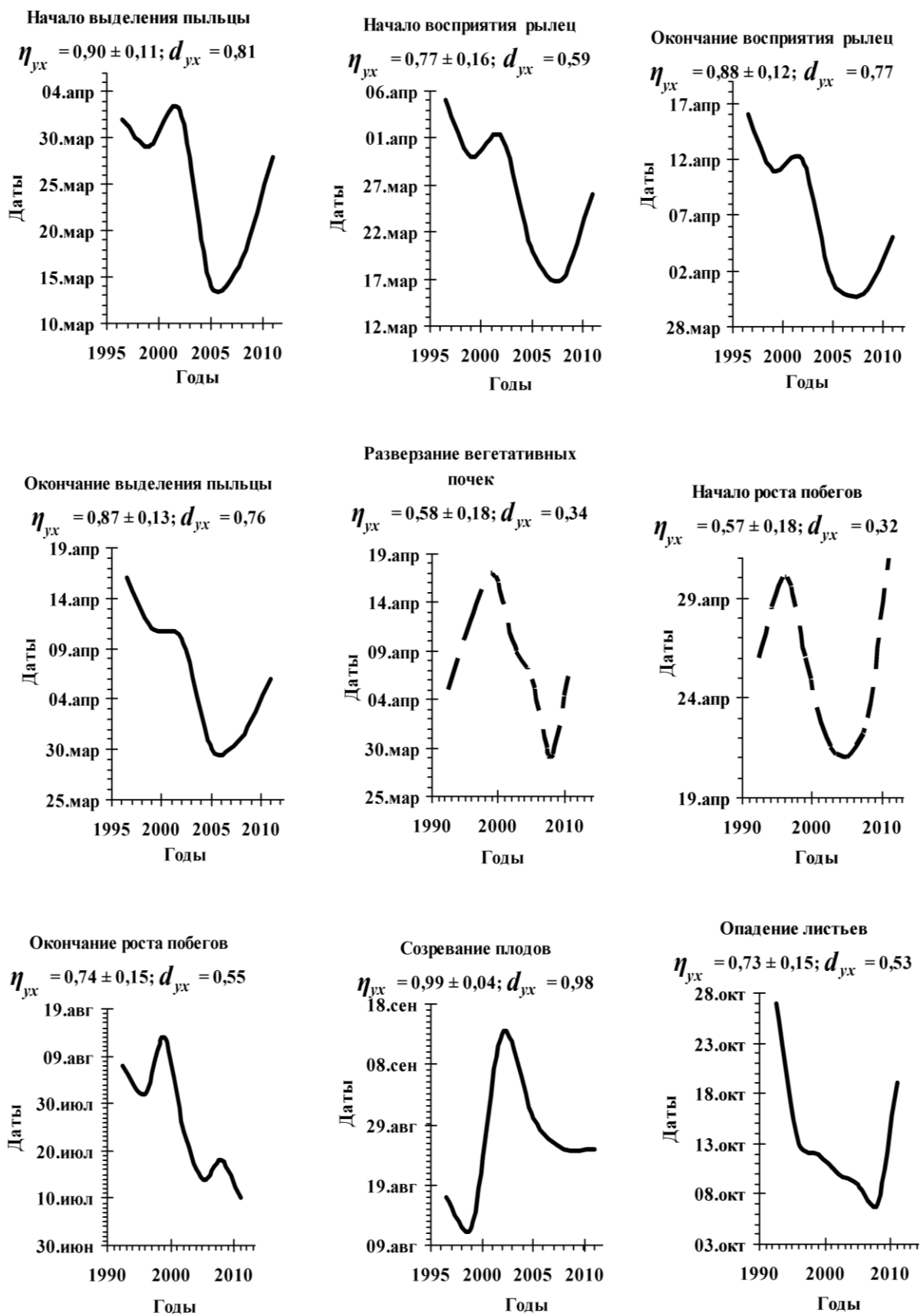


Рис. 1. Линии регрессии фаз развития *Corylus avellana* 'Tamboskyi rannii'.

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	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
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, уже после отмеченного выше активного смещения в раннюю сторону, у всех весенних фаз развития происходило четко выраженное циклическое смещение их сроков в более позднюю сторону. Это наблюдалось в фазах начала выделения пыльцы, начала восприятия рылец, окончания восприятия рылец, окончания выделения пыльцы, разворачивания 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 (с 14 марта по 2 апреля) 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.

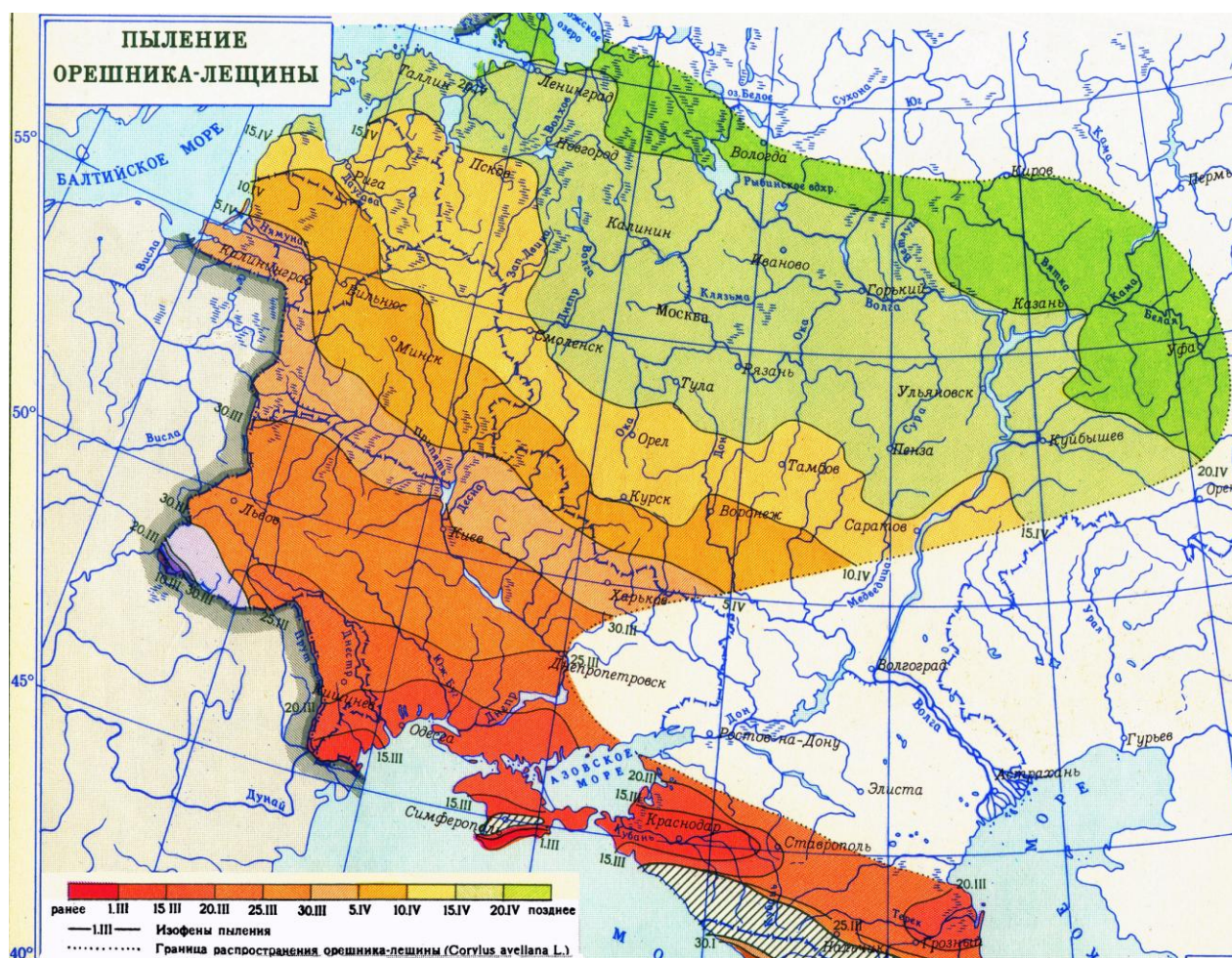


Рис. 2. Географическое смещение даты пыления растений лещины обыкновенной по состоянию на 1973г по [10].

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 детерминированных 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., О.П.Зайченко, И.В.Бабай, В.А.Масалова, С.В. Набиева, А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова, И.В.Хусаинова. Хронобиологический анализ корреляций у растений при их адаптации к изменению климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. Тр.международ. конф. 6-7 июня 2013. Алматы. 2013. - С.140-143.
2. Рекомендации по выращиванию посадочного материала и созданию промышленных плантаций орешника на селекционной основе. М. 1978. - 64с.
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. - 152с.
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. 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](http://ashipunov.info/shipunov/school/books/proskurjakov2012_khronobiol_analiz.pdf)
9. Проскуряков М.А. Методика определения скорости и величины смещения характеристик растений при изменении климата. В сб. Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе. Тр.международ. конф. 6-7 июня 2013. Алматы. 2013. - С. 132-135.
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.международ. конф. 6-7 июня 2013. Алматы. 2013.- С.128-131.
12. Проскуряков М.А. Градиентный и хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования в горах. Тр. Международ. конф. 12-16 авг. 2013г. «Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана». Алматы.2013г. - С. 54-60. [http://www.docme.ru/doc/906959/sohranenie-i-racional.\\_noe-ispol.\\_zovanie-genofonda-dikih](http://www.docme.ru/doc/906959/sohranenie-i-racional._noe-ispol._zovanie-genofonda-dikih)