

ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

Проскуряков М.А., Зайченко О.П. и др. Хронобиологический анализ адаптационной стратегии растений при изменении климата.

Статья. - Сборник «Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе». Доклады Международной научной конференции. –Алматы: ТОО «Издательство LEM» - 2013. – С. 143 - 127.

В статье на материалах долговременных наблюдений динамики развития растений разных сортов лещины в режиме циклического изменения климата Земли установлено, что для одинаковых фаз развития имеет место сходство основных тенденций смещения их сроков. Например, - по семи фазам (начало выделения пыльцы, начало восприятия рылец, окончание восприятия рылец, разверзание вегетативных почек, начало роста побегов, опадение листьев) в период 2000 - 2007гг. происходило закономерное смещение сроков в раннюю сторону, что совпадало с трендом потепления климата. Но после этого (в период похолодания климата) процесс смещения сроков наступления указанных фаз стал идти в обратном направлении. Эти факты свидетельствуют о закономерном и притом синхронном изменении поведения растений в режиме циклично меняющегося климата. Вместе с тем удалось выяснить, что в период изменения климата различные фазы развития у разных таксонов уязвимы неодинаково. Это позволяет сделать вывод о том, что в режиме постоянного и закономерного для всей территории Земли циклического флюктуирования климата хронобиологический анализ должен стать обязательным условием разработки рациональной системы растениеводства и природопользования.

Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.

ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АДАПТАЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ РАСТЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

*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

Рассмотрены особенности адаптации растений при изменении климата.

Высокая чувствительность и избирательность растений к климатической среде их обитания убедительно доказана многочисленными работами географов, геоботаников, палеогеоботаников, фитоинтродукторов, физиологов, генетиков, почвоведов, экологов и ряда других наук. А климатологами установлено, что климат не

есть нечто застывшее, неизменное. Он непрерывно флуктуирует. Отсюда становится ясно, что природа постоянно изменяет условия обитания растений, где бы они ни находились. И, следовательно, для рационального природопользования абсолютно необходимы исследования поведения растений в режиме времени колеблющихся климатических условий. Именно такое исследование и ставилось целью данной статьи.

Объектами работы служили растения выведенных в Укр.НИИЛХА (г.Харьков) сортов лещины Грандиозный (*Corylus avellana* 'Grandiozni'), Сентябрьский (*Corylus avellana* 'Sentabrskiy') и Веселобокhovenковский (*Corylus avellana* 'Veselobokovenkovsky'), которые были интродуцированы в Главном ботаническом саду Института ботаники и фитоинтродукции Республики Казахстан (г.Алматы). По данным Казгидромета за период 1936-2005гг климат здесь значительно потеплел. Среднегодовая температура воздуха возрастала в среднем на 0,31°C за каждые 10 лет [1]. Однако это не исключало и циклических колебаний меняющегося климата, типичность которых для района наших исследований объективно доказана в фундаментальной работе Г.Н.Чичасова [2]. В данной связи в задачи исследований входил анализ временных рядов наблюдений за фазами развития растений высаженных на коллекционной плантации, созданной в 1992г. При этом выполнялись обязательные условия такого анализа – наличие наблюдений по каждому году охваченного временного периода [3], а также принцип единственного различия существования растений – изменения температурного режима местности. Фенологические наблюдения за развитием растений проводились О.П.Зайченко с частотой достаточной для индикации изменения фаз их развития. Анализ собранных ею материалов и текст статьи выполнены М.А.Проскураковым. В расчетах по статистической обработке данных участвовали научные сотрудники И.В.Бабай, В.А.Масалова, С.В.Набиева, А.Н.Ишаева, Н.А.Исмаилова и И.В.Хусаинова.

Для исследования фаз развития растения рассматривались нами, как хронобиологическая процессуальная система, работающая в режиме времени изменения климата. Входом в такую систему является период жизни растений, т.е. временной интервал лет, в течение которого она функционирует. Конкретными состояниями периода жизни растений (он же и период изменения климата) являются годы охваченные наблюдениями (X). Выход системы – изучаемые свойства растений (Y). Отслеживая поведение этой системы путем корреляционного и регрессионного анализа, можно выявить количественные закономерности реакции растений во время изменения климата [4,5]. Результаты выполненного корреляционного и регрессионного анализа представлены на рисунках 1-3. Здесь по каждой фазе развития растений даны величины корреляционного отношения (η_{yx}), характеризующие тесноту их связи с анализируемым периодом жизни растений. Приведены оценки коэффициентов детерминации (d_{yx}), указывающие долю вариации сроков фенофаз, которая происходит согласованно со шкалой времени периода жизни растений при изменении климата. А также показаны линии регрессии систематической (регулярной) компоненты временного ряда, отражающие динамику смещения фаз развития. Степень уязвимости фаз развития определялась с учетом величины корреляционных отношений (η_{yx}) и коэффициентов детерминации (d_{yx}). При $\eta_{yx} = 0,5 \div 0,6$ уязвимость считалась средней (на графиках обозначена прерывистой линией); $\eta_{yx} < 0,5$ указывает на слабую уязвимость. При $\eta_{yx} \geq 0,7$, когда около пятидесяти и более процентов, вариации сроков фазы развития происходят согласованно со шкалой времени изменения климата (X), фиксировалась высокая уязвимость [7]. На графиках такая линия регрессии обозначалась сплошной линией.

Результаты выполненных исследований позволяют констатировать, что для одинаковых фаз развития растений изученных таксонов лещины имеет место сходство основных тенденций смещения их сроков. При этом, линии регрессии по семи фазам (начало выделения пыльцы, начало восприятия рылец, окончание восприятия рылец, разверзание вегетативных почек, начало роста побегов, опадение листьев), свидетельствуют о том, что в период до 2005-2008 гг. происходило их закономерное смещение в ранние сроки, что совпадало с трендом потепления климата. Но после этого процесс смещения сроков указанных фаз стал идти в обратном направлении. Например, у сорта Сентябрьский дата начала выделения пыльцы с 2002 по 2008 гг. сместилась в раннюю сторону на 12 дней, но затем, с 2008 по 2011 гг. сместилась на 9 дней в позднюю сторону. То есть цикл колебания ее сроков составил 21 день. У этого же сорта фаза опадения листьев с 1999 по 2008 гг. сместилась в раннюю сторону на 18 дней, а затем, с 2008 по 2011 гг. опять вернулась к поздним срокам, сместившись на 15 дней. Причем, скорость обратного смещения даты начала этой фазы достигала 5 дней в год. А весь полный цикл ее колебаний, с 1993 по 2011 гг., занял 33 дня. Сходные результаты дает анализ движения сроков фаз развития и для других сортов лещины (см. рис. 1-3). Эти факты свидетельствуют о закономерном и весьма существенном изменении поведения растений в режиме меняющегося климата. Пока климат теплел, фазы развития смещались в раннюю сторону. А после 2005-2008 гг. для фаз развития, протекавших весной (март-апрель) и поздней осенью (октябрь), имело место их смещение в направлении сценария, наблюдавшегося в период до потепления климата, т.е. в сторону похолодания.

Однако две фазы развития этих же растений (фазы окончания роста побегов и созревания плодов), которые оказались приурочены к августу и сентябрю, иллюстрируют нам иные закономерности. Для этих фаз пока еще остается ярко выраженным продолжение тенденции их смещения в раннюю сторону. В результате у сорта Сентябрьский дата фазы созревания плодов, с 2002 по 2011 гг. сместилась на 16 дней раньше. В отдельные периоды скорость такого смещения достигала 3,3 дня в год. А дата окончания роста побегов у данного таксона, с 1996 по 2011 гг., сместилась в раннюю сторону на 40 дней. Причем, в отдельные периоды (например, 1996-1999 гг.) средняя скорость этого процесса достигала 6 дней в год. То есть, в отличие от других фаз развития лещины, процесс смещения сроков фаз окончания роста побегов и созревания плодов шел по сценарию продолжения тенденции к потеплению.

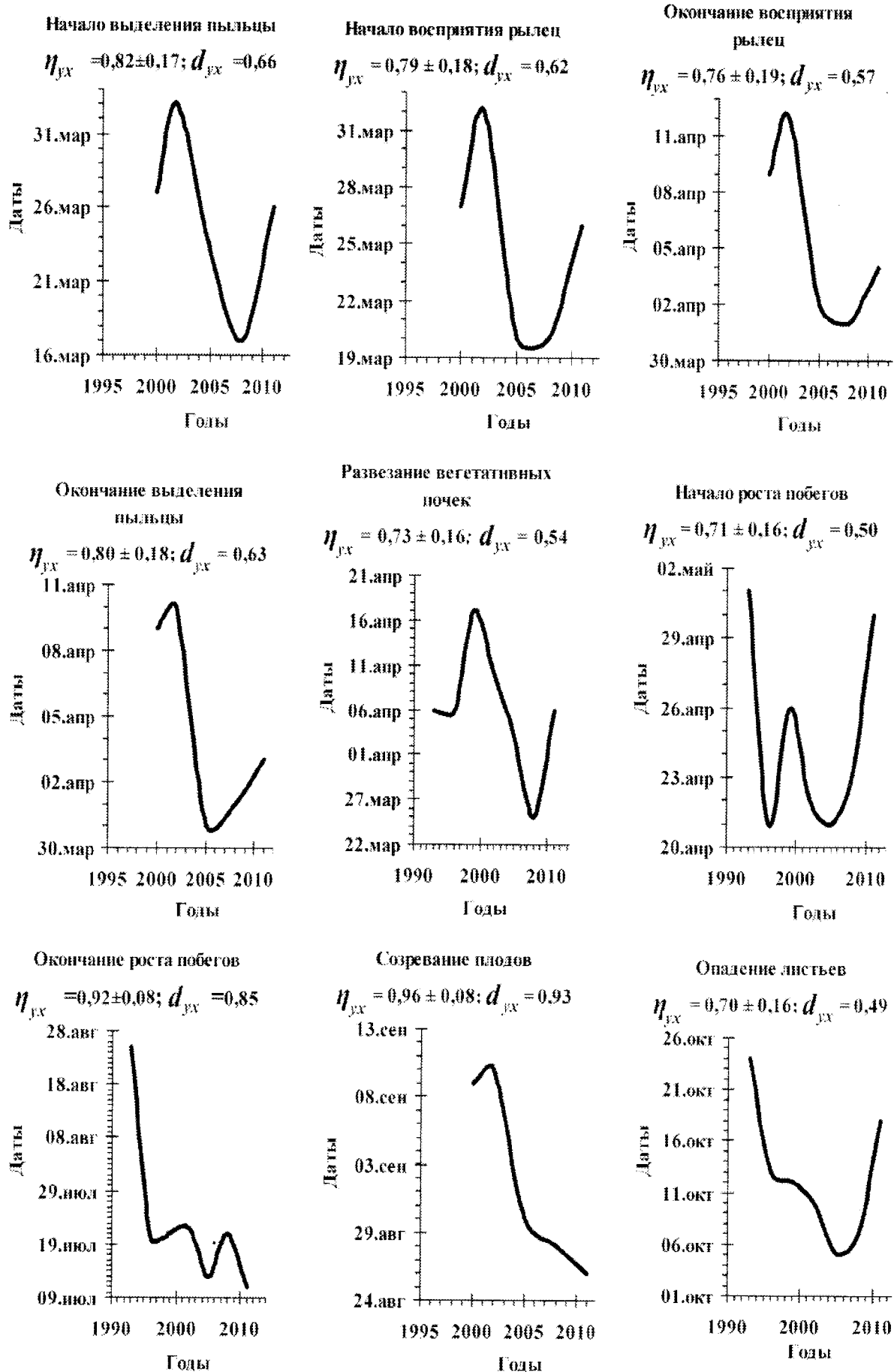


Рисунок 1 – Линии регрессии фаз развития *C. avellana* 'Grandioznyi'

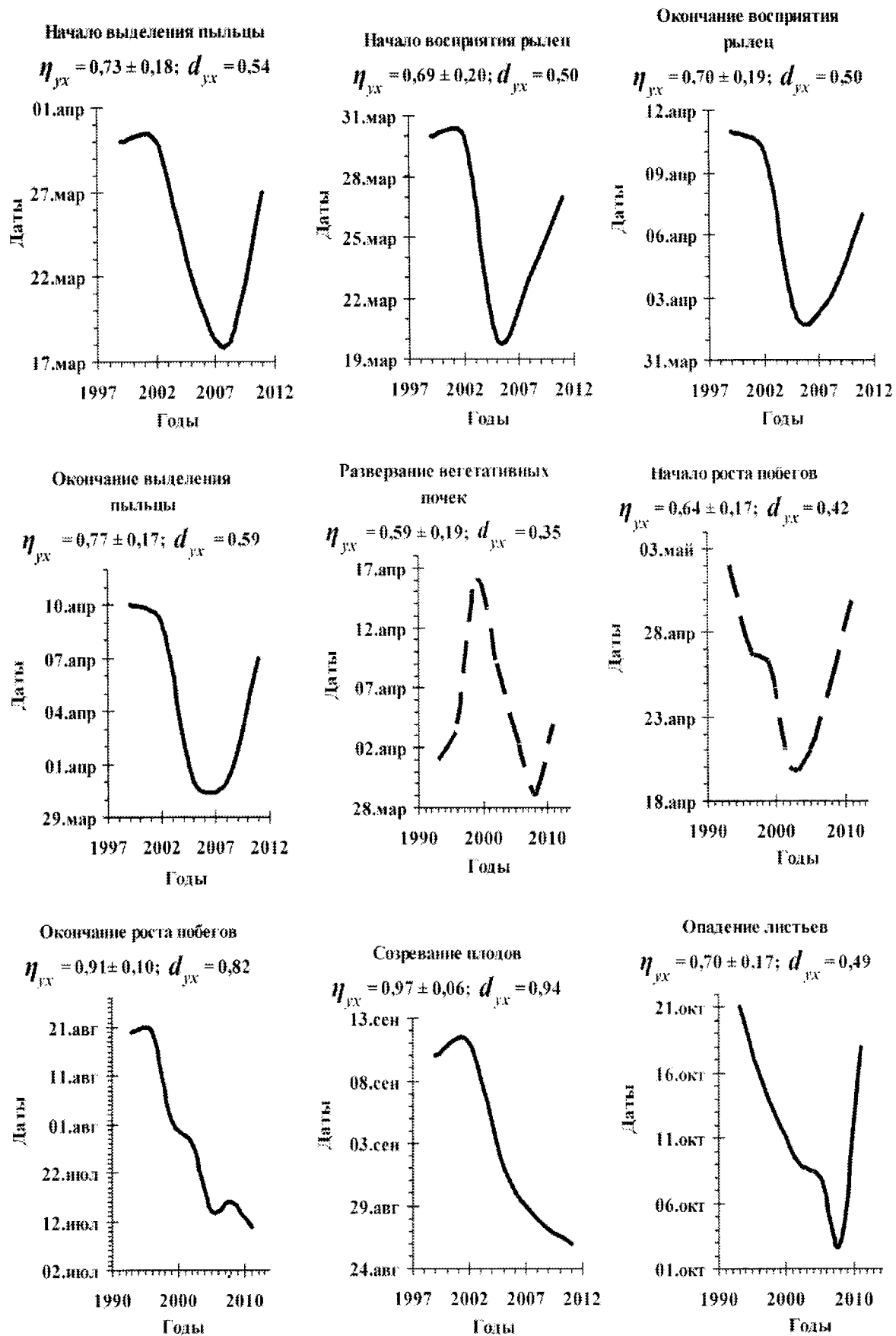


Рисунок 2 – Линии регрессии фаз развития *C. avellana* 'Sentabrskiy'

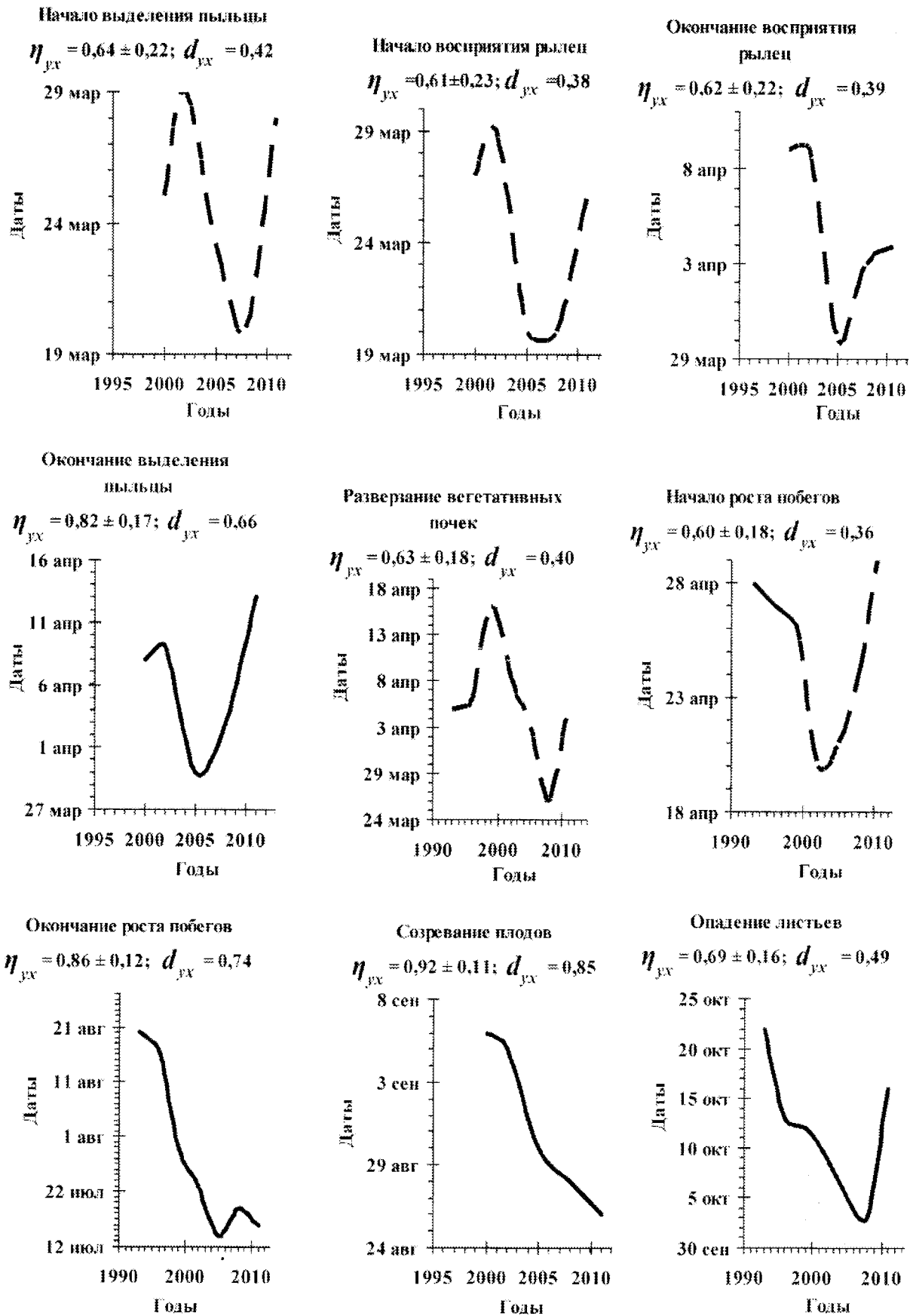


Рисунок 3 – Линии регрессии фаз развития *C. avellana* Veselobokovenkovsky'

Отмеченные выше факты имели место у всех изученных таксонов лещины, что хорошо видно на рис. 1-3. И это позволяет заключить, что изменение климатогенных факторов в течение изученного периода идет дифференцированно. Причем, в разные месяцы тенденции их изменения направлены неодинаково, что и фиксируется самими растениями. И в данной связи здесь уместно еще обратить внимание на устойчиво проявившуюся у всех таксонов специфику возвратно поступательного (зубчатого) смещения фазы окончания роста побегов в июле. Это явление, на наш взгляд, объясняется тем, что помимо крупных амплитуд циклических колебаний климата для июля данной местности характерны также короткие 5-7-летние циклы изменения температурного режима[4].

В целом же материалы рис.1-3 свидетельствуют еще и о том, что в изученный период изменения климата различные фазы развития у разных таксонов уязвимы неодинаково. Например, у растений сорта Грандиозный (рис.1) высоко уязвимы все фазы развития. На это достоверно указывают большие значения рассчитанных величин корреляционных отношений (от 0,70 до 0,96). А также высокие значения коэффициентов детерминации, которые свидетельствуют о том, что не менее 50% доли варьирования сроков этих фаз развития происходит сопряженно со шкалой времени изменения климата. По ряду же фаз развития сорта Грандиозный (например, окончания роста побегов, созревания плодов) коэффициенты детерминации указывают, что такая сопряженность наблюдается даже для 85-93 процентов доли их варьирования.

В отношении же двух других таксонов корреляционный анализ позволяет констатировать совершенно иные тенденции адаптационной стратегии растений. Например, у растений сорта Сентябрьский (рис.2) весенние фазы вегетации (разверзания почек, начала роста побегов) оказались среднеуязвимы. И это в тех же самых условиях обитания. Судя по коэффициентам детерминации, для этих фаз уже только 35-42 процента зафиксированных уровней наблюдаемого временного ряда оказалось сопряжено с периодом изменения климата. А для растений сорта Веселобокhovenьковский характерна уже пониженная уязвимость подавляющего большинства весенних фаз роста и развития (рис.3). В их числе: начало выделения пыльцы, начало восприятия рылец, окончание восприятия рылец, разверзание вегетативных почек, начало роста побегов. Для этих фаз коэффициенты детерминации варьировали в пределах от 0,36 до 0,42. Но, как и у других таксонов, все позднелетние и осенние фазы развития растений сорта Веселобокhovenьковский оказались высокоуязвимыми.

Обнаруженная на примере наших объектов трансформация фаз развития растений есть следствие глубоких изменений их внутреннего состояния. Ведь общеизвестно, что такие изменения 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. Отсюда становится ясно, что хронобиологический анализ изменения и всех других свойств растений в режиме постоянного и закономерного для всей территории Земли циклического флюктуирования климата, должен стать обязательным условием разработки рациональной системы растениеводства и природопользования. Полученные с его помощью

результаты дадут возможность интегральной количественной оценки реактивности и уязвимости сложнейших процессов роста и развития растений. Позволят получать числовые оценки степени уязвимости, скорости, направления и величины смещения жизненноважных показателей растений. Помогут дифференцировать основные типы адаптационной стратегии растений, отслеживать временной ход процесса их трансформации, оценивать перспективность использования растений в конкретном периоде жизни, прогнозировать возможный ход дальнейшей трансформации их жизнеспособности и свойств, создавать эффективные и экономичные ресурсосберегающие технологии растениеводства.

Литература

1. Второе Национальное сообщение Республики Казахстан на Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2009. 190 с.
2. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. С.-Петербург. Гидрометеониздат. 1991. С. 304.
3. StatSoft, Inc. (2001). Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>
4. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Тр. Института ботаники и фитоинтродукции. Т.18(1). Алматы. 2012. – С. 228. <http://www.moip.msu.ru>, www.botsad.kz
5. 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. Алматы. 2013. www.botsad.kz

The summary

Features of adaptation of plants are considered at climate change