

## ОПИСАНИЕ ФАЙЛА

### **Проскуряков М.А. Актуальные направления хронобиологического анализа растений при изменении климата.**

Статья. - Сборник «Растительный мир и его охрана». Материалы международной конференции. – Алматы: издательство LEM. – 2012. – С. 457 – 462.

В статье рассмотрены актуальные направления долговременного хронобиологического мониторинга изменения свойств растительных экосистем формирующихся в период трансформации климата Земли. Показано, что в основу такого мониторинга может быть положена разработанная автором методологическая и концептуальная основа хронобиологического анализа, которая позволяет количественно исследовать уязвимость жизнеспособности, продуктивности растений и формируемых ими экосистем.

**Далее следуют материалы опубликованного файла статьи.**

## АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАСТЕНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

М.А. Проскуряков

РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» КН МОН РК  
г. Алматы, Республика Казахстан. E-mail: reskz2010@mail.ru

*Рассмотрены новые актуальные направления хронобиологических исследований растительных систем в период глобального изменения климата.*

Факт глобального потепления уже не вызывает сомнений. Это доказано материалами обобщающего доклада об изменениях климата и их последствиях, выполненного созданной Всемирной метеорологической организацией и ООН самой авторитетной Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, или IPCC, от *Intergovernmental Panel on Climate Change*) [1].

Наиболее характерные особенности изменения температурного режима климата, происходящие в северных широтах Земли, здесь могут быть проиллюстрированы на примере Российской Федерации, природные зоны которой включают полярные пустыни и тундру, лесотундру, северную тайгу, лесостепь, степь, полупустыню и пустыню. По опубликованным данным [2] материалы наблюдений для этого региона представлены на рисунке. Они убедительно доказывают, что средняя скорость потепления (коэффициент линейного тренда) за последние 100 лет (1909-2008 гг.) составила 0,14°C/10 лет. Причем с 1976 г. потепление стало наиболее интенсивным, так что «современный» тренд (за 1976-2008 гг.) равен уже 0,51°C/10 лет. Однако для анализа особенностей формирования растительных систем важно сосредоточить внимание не только на скорости и направлении происходящих изменений, но и на том, в каком диапазоне варьирования температурного режима формировался растительный покров северных широт. С этой позиции в пределах графического поля рисунка представляется целесообразным условно выделить две области (см. оконтуренные области А и Б), которые характеризуют разные диапазоны изменчивости температурного режима. Выделенная область А включает все варианты варьирования температурного режима, когда потепление не превышало границ, наблюдаемых в 1943 г. Выделенная же область Б отражает варьирование только той части характеристик температурного режима, которые превышали пределы варьирования наблюдаемые в области А. Как видим, формирование области Б началось с 1975 г. (см. размещение обведенных кружками точек).

Эти дополнения рисунка Росгидромета наглядно иллюстрируют тот факт, что весь существующий ныне облик растительного покрова северных широт был сформирован именно с участием имевшего место диапазона варьирования температурного режима выделенной области А. Ведь такие условия температурного режима, формировавшие растительный покров, поддерживались очень длительное время. В результате исторически выработавшейся адаптации имеющейся массы видов растений на этапе до 1975 г. растительный покров и оказался гармонично подогнан под существующие климатические условия. Доказательством того являются все накопленные наукой и практикой результаты исследований закономерностей дифференциации растительного покрова, его структуры, продуктивности, а также и огромный опыт классификации его разнообразия. Только исторически сложившаяся природная упорядоченность растительного покрова, отсутствие хаоса в размещении и поведении растений и позволяли до сих пор уверенно классифицировать растительный покров, а затем успешно применять на практике и в науке весь накопленный опыт этих знаний.

Но глобальные изменения климата происходят столь стремительно, что многие биологические виды и формируемые ими экосистемы не успевают приспособиться к новым условиям. В данной связи увидеть возможное будущее уже сейчас позволяет богатый опыт исследований интродукторов, переносивших растения в новые климатические условия. Материалы этих исследований доказывают, что при изменении климата неизбежны коренные изменения продуктивности и биоразнообразия растительных сообществ; динамики роста и развития растений, их биохимической реакции и биохимических модификаций. Произойдут изменения в ферментативных системах и физиологических процессах. Трансформируется морфологическое строение: габитус растений, облиственность, размеры листьев, развитость корневых систем и даже жизненная форма. Учащаются случаи проявления вечнозелености растений. Произойдет сдвиг фаз роста и развития, изменится скорость их протекания. Выпадут отдельные фазы развития. Появятся нарушения феноритмики у растений. Изменятся скорость старения и долголетие организмов. Будет безвозвратно утрачен ценнейший генофонд растений. В итоге разрушительные последствия от смены климатического режима будут сравнимы, пожалуй, только с последствиями мировой ядерной войны.

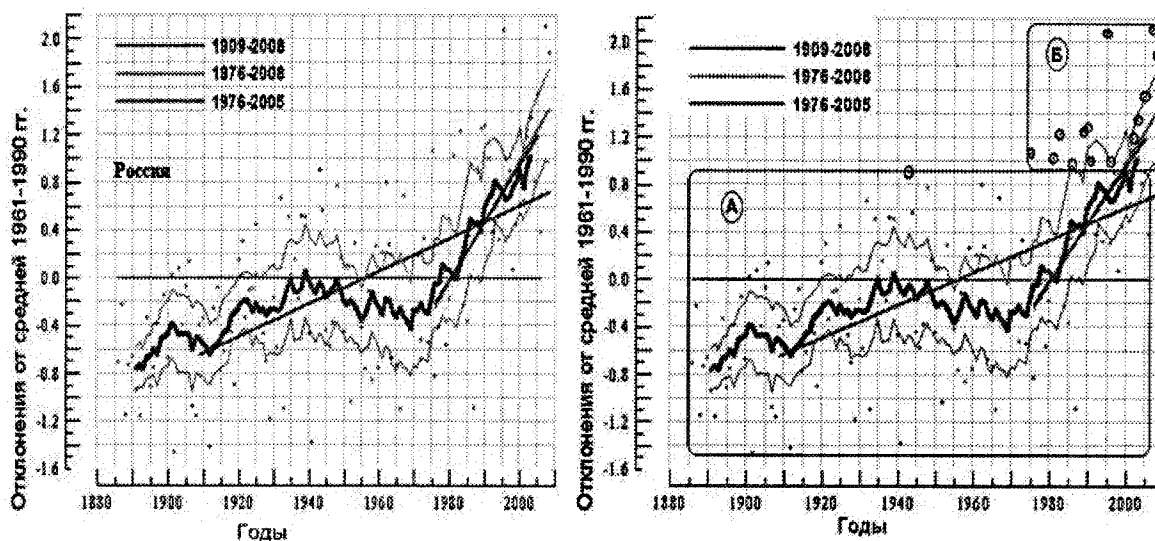


Рисунок – Изменения среднегодовой температуры приземного воздуха, осредненной Росгидрометом, по территории России в отклонениях от средних за 1961-1990 гг.

Точками показаны результаты наблюдений, кривыми – 11-летняя сглаженная и 95%-ный доверительный интервал сглаженных значений. Линейные тренды проведены за периоды: 1909-2008, 1976-2005 и 1976-2008 гг. На левом графике (цит. по [2]) представлены материалы в исполнении Росгидромета. На правом – автором выделены две области (А, Б) температурного режима формирования растительного покрова. Пояснения в тексте.

Анализ поведения растений за истекший сравнительно небольшой период глобального изменения климата позволил выяснить, что у растений уже обнаружилось весьма существенные разбалансировки процессов их жизнедеятельности. Сопряженные с трансформацией климата изменения в поведении растений пока еще идут скрытно. Они происходят на уровне прироста биомассы, биохимической, физиологической, фенологической реакции, консортивных связей, репродуктивных процессов [3-7]. Но всем этим интенсивно подготавливаются коренные преобразования важнейших ресурсных потенциалов растительных систем, их значения как объектов природопользования, а также экологических, защитно-охранных, рекреационных и многих других функций. В том числе – как объектов местообитания и питания приспособившихся к ним животных и микроорганизмов. Отсюда становится ясно, что с началом изменения климата полученные ранее результаты исследований растительного покрова нельзя считать константными. Никакие попытки инновационных разработок и рекомендаций уже не будут успешными, если они не учитывают изменений растительных систем в период трансформации климата.

Сказанное выше доказывает назревшую необходимость постоянной корректировки не только наших знаний о поведении растений в условиях нового климата, но и всей системы мероприятий по природопользованию. Без учета происходящих климатических изменений не удастся прогнозировать и рационально использовать ресурсы сырья деревообрабатывающей, лесной, фармацевтической, пищевой, парфюмерной промышленности, продуктивность растениеводства, кормовой базы животноводства, звероводства, пчеловодства и других отраслей. А также – объективно оценивать происходящие изменения водорегулирующей, водоохранной, почвозащитной, противолавинной, селезащитной, бальнеологической и рекреационной роли растительных систем; продуктивности и биоразнообразия населяющей их фауны. Страны, в которых не изучается роль смены климата в жизни растений, не смогут подготовиться к грядущему. Они будут беспомощны не только в экологическом, экономическом, но и в политическом отношении. А это неизбежно приведет к крупным экономическим потерям, обеднению населения, росту безработицы и социальной напряженности, вплоть до войн за место, где можно будет жить человеку.

Проблема уязвимости природных экосистем вызывает особую тревогу ученых. И потому не случайно, что ей посвящен «Специальный доклад МГЭИК. Последствия изменения климата для регионов: оценка уязвимости» [8, 9], где большое внимание уделяется и ботаническим объектам. В этой связи составителями доклада МГЭИК была разработана концепция, согласно которой под уязвимостью растительных систем понимается их способность противостоять разрушительному воздействию изменения климата. Данная концепция положена в основу работы всех стран, участвующих в исследованиях глобального изменения климата согласно Рамочной конвенции ООН. Однако главная трудность ее реализации заключалась в измерении чувствительности и приспособляемости природных растительных систем. В результате оценки их уязвимости чаще всего носили качественный характер.

В аспекте этой концепции МГЭИК и в соответствии с планами фундаментальных исследований Института ботаники и фитоинтродукции МОН РК в период 1994-2011 гг. была разработана и апробирована методоло-

гическая и концептуальная основа хронобиологического анализа [10-17]. Она позволяет количественно исследовать уязвимость показателей жизнеспособности, продуктивности растений и формируемых ими систем. На базе полученных при хронобиологическом анализе числовых оценок можно количественно и статистически достоверно определять степень уязвимости характеристик растительных систем, получать графические линии регрессии характеристик и аналитические формулы, отражающие временной ход их изменения. А также выяснять количественные особенности временного хода: направление, скорость и величину смещения исследуемых характеристик растительных систем в период изменения климата.

На разработанной методологической основе можно получать числовые оценки уязвимости и устойчивости растительных систем, как в период глобального потепления, так и похолодания. Можно исследовать крупные массивы фактических материалов наблюдений за любые периоды трансформации климата. Делать это именно в режиме времени изменения климата с достаточной для биологических исследований точностью и объективностью, обеспечиваемой статистической оценкой полученных результатов. Оценивать результаты совместного влияния на свойства растений всей совокупности факторов, меняющихся в период трансформации климатического режима: как климатообразующих, так и биоценологических. Выполнять исследования на разных уровнях растительных систем, для растительного объекта любого участка территории земной суши, в том числе и для территорий, где никогда не проводились метеорологические наблюдения. А вся полученная в результате хронобиологического анализа информация даст научную основу для понимания происходящей трансформации структуры растительного покрова.

Применение разработанной методологической основы хронобиологического анализа поможет увидеть вариабельность характеристик растительных систем во времени изменения климата. Позволит определить реактивность и чувствительность системообразующих компонентов растительных ассоциаций, индикаторных представителей растительных систем. Обнаружит такие сдвиги характеристик растительных систем, которые окажутся существенными, угрожают их выживаемости, превышают уровень их адаптационной способности и свидетельствуют об их высокой чувствительности и уязвимости. Даст возможность оценивать стабильность или уязвимость растительных систем в динамике их развития, климатогенные изменения их биологической устойчивости, смещение свойств растительных систем, движение емкости занимаемых ими экологических ниш. А также – связанное со всем этим изменение биоразнообразия, продуктивности, защитно-охранной роли растительного покрова, движения генофонда растений. И хотя хронобиологический анализ не может в исчерпывающей мере раскрыть биологическую суть происходящих процессов, с помощью такого анализа удастся выяснить реакцию растительных систем на изменение климата, что необходимо для принятия действенных мер по предотвращению их разрушения, а также для разработки и применения рациональной системы природопользования.

Применение разработанной методологической и концептуальной основы хронобиологического анализа растительных систем позволит получать инновационные результаты исследований и развивать новые направления таких важнейших наук, как экология, геоботаника, фитоценология, биогеоценология, ботаническое ресурсоведение, растениеводство, лесоводство, систематика, генетика и интродукция растений. В данной связи к числу актуальных можно отнести следующие новые направления хронобиологических исследований в период изменения климата.

- **Мониторинг ключевых объектов и хронобиологический анализ климатогенного смещения** координат местообитания, разнообразия видового состава природных растительных систем, трансформации их вертикальной и горизонтальной структуры. Дифференциации биологической продуктивности, структуры ценопопуляций растений на видовом и внутривидовом (формовом) уровне. Фенологических, морфологических, анатомических, физиологических, биохимических реакций растений на изменение климата. Конкурентных межвидовых взаимодействий и консортивных связей растений. Динамики биоценологической среды. Изменения генофонда растений. Процессов естественного самовосстановления растительных систем. Движения емкости экологических ниш, пригодных для их заселения доминирующими растениями. Происходящих в период глобального потепления изменений почвозащитной, противоселевой, противолавинной, водорегулирующей, водоохранной, бальнеологической и рекреационной роли растительного покрова.

- **Диагностика начала кризисных явлений в растительных системах.** Анализ кризисного порога изменения числовых характеристик конкурентных и консортивных связей в биоценозах, а также показателей жизнеспособности растений и естественного самовосстановления растительных систем. Исследования временного хода, кризисной трансформации внутренней структуры и продуктивности растительных систем в период изменения климата. Определение территориальных границ развития кризиса исторически сложившихся растительных систем.

- **Исследования климатогенной динамики ресурсной ценности видов растений.** Хронобиологический анализ смещения их экологического и фитоценологического оптимумов. Анализ трансформации сочетаемости и динамики полезных свойств, с которыми связана сырьевая ценность растительной продукции. Определение границ местообитаний, где растения имеют наилучшие характеристики жизнеспособности и продуктивности, а также режим накопления биологически активных соединений при изменении климата. Решение задач поиска в природе, заготовки и выращивания в культуре растений с заранее заданными полезными качествами.

• **Интерполяционное прогнозирование результатов хронобиологического анализа** трансформации жизнеспособности, свойств растений и формируемых ими растительных систем в новых климатических условиях, изменений структуры и среды растительных сообществ, биоразнообразия и взаимодействия организмов в сообществах, нового географического распределения фитоценозов, изменения их классификации. Регулярное обновление картографических материалов растительного покрова. Интерполяционное прогнозирование происходящих в период трансформации климата изменений почвозащитной, противоселевой, противолавинной, водорегулирующей, водоохранной, бальнеологической и рекреационной роли растительного покрова.

• **Разработка щадящего режима природопользования и заповедования природных объектов в период изменения климата.** Хронобиологический анализ климатогенной дифференциации основных типов адаптационной стратегии видов растений в изученные периоды жизни природных растительных систем. Исследования принадлежности видов растений к соответствующему типу стратегии адаптации. Разработка экологически обоснованных мероприятий по поддержанию биологического разнообразия и сохранению генофонда растений, стабильности структуры и продуктивности их природных популяций, содействию самовосстановления природных растительных систем. Обоснование и выделение в природе особо охраняемых растительных систем.

• **Хронобиологические исследования результатов интродукции растений в новые регионы** в режиме меняющегося климата. Анализ реакции, свойств и перспективности интродуцируемых растений. Разработка критериев для принятия объективного экспертного заключения о перспективности интродуцентов на основе хронобиологического анализа динамики их характеристик.

• **Создание ресурсосберегающих технологий** растениеводства; технологий пользования арктической, тундровой, лесной, луговой, степной, пустынной и интрозональной растительностью, позволяющих ослабить нежелательные изменения почвозащитной, противоселевой, противолавинной, водорегулирующей, водоохранной, бальнеологической и рекреационной роли растительного покрова в период трансформации климата.

**В свете всего вышеизложенного хронобиология теперь уже должна рассматриваться как важнейшая междисциплинарная наука, к числу главных функций которой относится выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о трансформации биологических систем в режиме глобального изменения климата.** И в этом аспекте предложенный выше перечень новых актуальных направлений хронобиологических исследований биологических систем может быть значительно пополнен. Вместе с тем уже теперь становится ясно, что для **развития фундаментальных исследований, их скорейшей окупаемости и стимуляции целесообразно использовать и финансовые возможности бизнеса.**

Для высокой заинтересованности бизнеса в развитии хронобиологического анализа растительных систем и его быстрой окупаемости в ближайшее время наибольший эффект будет получен от изучения растений с коротким циклом роста и развития. А это как раз многие из тех растений, которые обеспечивают пищевую и сырьевую безопасность стран. В их числе: пшеница, рожь, ячмень, овес, рис, бобовые, многие плодово-овощные, медоносные, лекарственные, технические растения. Работа с такими объектами уже через 8-12 лет позволит получить **научную основу и рекомендации по размещению их плантаций и прибыльному ведению бизнеса в режиме меняющегося климата.** Тем самым удастся обеспечить старт активного развития, финансирование, материальную и кадровую базу для хронобиологических исследований также и всех других важнейших растительных объектов.

Чтобы привлечь и реализовать возможности бизнеса, необходимо выполнить следующее:

• **создать сеть системно-организованных хронобиологических стационаров** для изучения ключевых объектов растительных систем;

• сформировать **контрольную базу данных** для выполнения длиннопериодного и краткосрочно-поэтапного хронобиологического анализа, экологического мониторинга и интерполяционного прогнозирования изменения растительных систем во время глобальной трансформации климата;

• регулярно **пополнять банк данных выполненных хронобиологических исследований** динамики характеристик и уязвимости растительных систем **ключевых объектов;**

• **формировать банк данных результатов интерполяционного прогнозирования характеристик растительных систем,** полученных на основе хронобиологического анализа ключевых объектов в динамике трансформации климата;

• **планировать и финансировать длительность хронобиологических исследований** с учетом необходимости постоянной корректировки научной основы и рекомендаций по размещению и прибыльному ведению бизнеса адекватно режиму меняющегося климата;

• **разработать основу для решения** следующих задач: 1) выбора направления развития бизнеса в период изменения климата, 2) проектирования рационального размещения объектов бизнеса, 3) корректировки агротехнических приемов в режиме изменения климата;

• **разработать методы оценки экономической эффективности и получения прибыли при ведении бизнеса** на основе рационального природопользования в период изменения климата.

Возможность существенно ослабить неблагоприятные для человека последствия изменений растительного покрова Земли теперь уже видится в активном вмешательстве в спонтанно происходящие природные

процессы. Но с высокой степенью уверенности в результатах. В управляемом режиме. В режиме, согласованном с глобальными изменениями климата и, одновременно, с потребностями человека. В этой работе, как представляется, важное место займет интродукция тех видов растений, которые оптимально подходят для новых климатических условий местности и обладают наиболее ценными свойствами. Тогда удастся значительно сократить сроки обновления растительного покрова. Исключить нежелательное направление сукцессии сообществ. Получить максимальную для новых климатических условий биологическую продуктивность растений. Сократить неэффективные затраты труда и времени по восстановлению растительных ресурсов. Наконец, миновать весьма неблагоприятные для человека последствия от возможного развития процесса опустынивания, что особенно важно при быстро возрастающей численности людей и ограниченности территорий, пригодных для их расселения.

### Литература

1. IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report. Technical Summary. 2007. 117 p.
2. Пятое национальное сообщение Российской Федерации. – М., 2010. 130 с.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т.1. Изменения климата. – М., 2008. 227с.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т.П. Последствия изменения климата.– М.: Росгидромет. 2008. 236 с. <http://www.worldwarming.info/modules.html.name>.
5. Проскуряков М.А. Хронобиологические исследования перспективности интродуцированных растений. Материалы докл. научн. конф. 21-22 ноября в г. Алматы. //Сб.«Проблемы обеспечения биологической безопасности Казахстана».– Алматы, 2008. С. 208-212.
6. Проскуряков М.А. Хронобиология растений в период изменения климата.//Известия НАН РК. Серия биологическая и медицинская .№ 3(273). – Алматы, 2009. С. 69-75.
7. Проскуряков М.А. Хронобиология кризиса медоносной базы. //Пчеловодство. № 9. М., 2009. С. 22-23. [http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n909\\_22.htm](http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n909_22.htm).
8. Специальный доклад Рабочей группы II МГЭИК. Последствия изменения климата для регионов: оценка уязвимости.//Русский архипелаг. Copyright 2011.1997. <http://archipelag.ru/agenda/geoklimat/history/consequences/>
9. Climate Change. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., et al. (eds.), Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2001. 1032 p.
10. Проскуряков М.А. Хронобиология растений при изменении климата. Материалы докл. научн. конф. 21-22 ноября в г.Алматы. //Сб. «Проблемы обеспечения биологической безопасности Казахстана». – Алматы, 2008. С. 77-80.
11. Проскуряков М.А. Методика хронобиологического анализа медоносной базы. //«Пчеловодство», № 3. Москва, 2009. С. 20-22. [http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n309\\_20/htm](http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n309_20/htm).
12. Проскуряков М.А. Методика хронобиологического анализа растений // Известия НАН РК, серия биол. и медиц., № 4 (274). – Алматы, 2009. С. 53-57.
13. Проскуряков М.А. Методика хронобиологического анализа фенофаз медоносов. Пчеловодство. № 1. М., 2011. С.20-22. [http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n909\\_22.htm](http://www.beekeeping.orc.ru/Articles/n909_22.htm).
14. Проскуряков М.А. Системный анализ трансформации растительного покрова при изменении климата.// Сб. «Актуальные проблемы геоботаники». Материалы международной науч. конф. – Алматы, 2011. С. 330-336.
15. Проскуряков М.А. Градиентный и хронобиологический анализ растительных ресурсов в горах.//Сб. «Актуальные проблемы ботанического ресурсоведения», Мат. междунар. науч. конф. 12-13 мая 2010 г. Уш Киян. Алматы. 2010. С. 14-17.
16. Проскуряков М.А. Проблема дифференциации растительного покрова в горах.// Сб. «Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее». //Материалы II междунар. конф. Россия, Республ. Алтай, г.Горно-Алтайск. 20-24 сент. 2010 г. С.114-118. <http://e-lib/gasu/konf/biodiversiti/index/html>.
17. 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](http://www.botsad.kz)

*The basic chronobiology problems of vegetative systems in global climate change are considered.*