

Статья. — Сибирский лесной журнал. — 2015.

— Сообщение 1. — №2. — С. 71-84.

— Сообщение 2. — №6. — С. 70-85.

В первом сообщении статьи на основе анализа материалов многолетних наблюдений констатировано устойчиво проявляющееся действие закона пространственно-временной цикличности движения характеристик лесных организмов и их экосистем. Этот закон должен обязательно учитываться как в научных, прикладных исследованиях, так и при использовании лесов, сбережении их биоразнообразия, продуктивности и ресурсной ценности.

Во втором сообщении статьи обоснована необходимость применения хронобиологического анализа материалов долговременного мониторинга для количественной оценки степени уязвимости лесных растений и экосистем, а также определения скорости и величины циклических смещений их характеристик. Установлены актуальные теоретические и прикладные направления хронобиологических исследований. Их развитие кардинально повысит устойчивость и рентабельность лесопользования. Позволит вести его с наименьшими рисками и всегда при наибольшей естественной продуктивности лесов. Сократит неэффективные затраты труда и времени на восстановление и сбережение биоразнообразия и продуктивности лесных экосистем как важнейшего естественно возобновляющегося ресурса Земли.

Далее размещены файлы двух сообщений статьи

ПРОБЛЕМА ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СВОЙСТВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Сообщение 1

© 2015 г. М. А. Проскуряков

Институт ботаники и фитоинтродукции

*Министерства образования и науки Республики Казахстан
Республика Казахстан, 050040, Алматы, ул. Тимирязева, 36б*

E-mail: proskuryakov_137@mail.ru

Поступила в редакцию 21.07.2014 г.

На основе обобщения материалов многолетних исследований показано устойчиво проявляющееся действие закона пространственно-временной цикличности движения свойств лесных организмов и их экосистем. Действие этого закона должно учитываться как в научных исследованиях, так и при использовании лесов, сбережении их биоразнообразия, продуктивности и ресурсной ценности. Предложено концептуальное решение проблемы анализа цикличности пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем, которое позволит вести лесное хозяйство с наименьшими затратами и рисками. В данной связи показаны возможности применения хронобиологического анализа временных рядов для оценки циклических изменений степени уязвимости, направления, скорости и величины смещения свойств лесных растений и экосистем. Рассмотрены особенности решения задачи создания экологически орднированной сети хронобиологических стационаров и алгоритмы интерполяции результатов их наблюдений за циклическим движением свойств лесных экосистем на территории крупных регионов. Определены новые актуальные направления связанных с этим теоретических и прикладных исследований. Развитие таких направлений исследований повысит устойчивость и рентабельность лесопользования, позволит вести его с наименьшими рисками, всегда при наибольшей естественной продуктивности лесных экосистем, сократит неэффективные затраты труда и времени на восстановление и сбережение биоразнообразия и продуктивности лесов как важнейшего самовозобновляющегося ресурса Земли.

Ключевые слова: *лесные экосистемы, хронобиология, цикличность движения, растения, климат.*

DOI: 10.15372/SJFS20150206

Хронобиологическая цикличность движения свойств лесных организмов и формируемых ими экосистем уже более сотни лет привлекает самое пристальное внимание ученых. Ведь с этим явлением так или иначе неразрывно связан весь спектр актуальных направлений теоретических и прикладных исследований. Решение данной проблемы позволит оптимизировать лесопользование, сберечь биоразнообразие и продуктивность лесов как важнейшего самовозобновляющегося ресурса Земли. Актуальность проблемы особенно возрастает в связи с глобальными изменениями климата. Цель данной статьи –

рассмотреть концептуальную основу решения данной проблемы.

Предлагаемое здесь концептуальное решение проблемы основано не на экстраполяционных прогнозах цикличности движения свойств лесных организмов и экосистем, а на анализе фактически наблюдаемого хода данного процесса в режиме нон-стоп. Для этого учтены следующие принципы:

- непрерывной цикличности пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем;
- использования временных рядов как высокочувствительной основы хронобиологического анализа;

- континуума растительного покрова и его градиентного анализа;

- интерполяции результатов хронобиологических наблюдений сети экологически ординированных стационаров;

- обязательного планирования и выполнения научных исследований и лесоводственных мероприятий с учетом закономерностей цикличности пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем.

Согласно последовательности перечисленных принципов и будут излагаться материалы статьи.

Принцип непрерывной цикличности пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем

впервые рассмотрен в статье российского биолога С. С. Четверикова (1905). Анализируя закономерность и масштабность наблюдаемой им цикличности свойств насекомых из числа вредителей леса, он писал: «Можно без всякого преувеличения сказать, что фауна ни минуты не бывает постоянна. С каждым днем, с каждым почти мгновением ее равновесие нарушается, одни виды переживают приливы жизни, другие отливы; и в то же время с полным правом можно утверждать, что нет такого вида, который бы время от времени не испытывал этих приливов или отливов... И как море ни минуты не остается в покое, покрываясь то рябью, то громадными волнами бури, так и море видовой жизни постоянно волнуется, то разбегаясь мелкою, едва уловимую зыбью, то вздымая грозные валы, несущие опустошение и разрушение». Масштабы циклических колебаний лесной фауны автор наглядно иллюстрирует примером массового появления непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.), оголившего в 1897 и следующих годах громадные площади лесов и нанесшего существенный вред плодовым садам. При этом, отмечая исключительную сложность решения обсуждаемой им проблемы, С. С. Четвериков приходит к заключению: «Природа скупа на объяснения. Она дает лишь окончательные результаты, и человеку часто приходится затрачивать массу труда и терпения, чтобы проследить всю причинную цепь».

К сходному выводу пришел целый ряд новых поколений американских, английских, французских, российских и других исследователей, объектами анализа которых служили временные ряды данных многолетних хронобиологических наблюдений за динамикой численности организмов. Так, широкоизвестный эколог США Ю. Одум, изучавший цикличность колебаний численности особей разных видов фауны, пишет: «Выяснение механизмов, лежащих в основе изменений численности популяций, – очень важная экологическая проблема, которая еще далеко не разрешена... Подчас мы лишь можем констатировать, что определенные типы флюктуаций или осцилляций характерны для определенных популяций в определенных районах, но установить причины их неспособны» (Одум, 1975, с. 244). Сходные выводы можно найти и в работах крупных экологов Р. Дажо (1975) и Р. Риклефс (1979). Вслед за ними М. Бигон, Дж. Харпер и К. Таунсенд в двухтомной сводке также подчеркивают, что каждый цикл численности особей разных видов фауны уникален (Бигон и др., 1989). Примечательно, что эти заключения сделаны ими после анализа и обобщения материалов около 3 тыс. литературных источников за более чем 70-летний период после исследований С. С. Четверикова. Авторам удалось показать, что жизненные циклы организмов не фиксированы жестко. Выяснилось, что любая цикличность численности организмов каждого таксона пластична и зависит от взаимодействия организмов со средой их обитания (MacLulich, 1937; Palmgren, 1949; Cole La Mont, 1951, 1954; Andrewartha and Birch, 1954; Bodenheimer, 1955; Uvarov, 1957; Одум, 1975; Максимов, 1984; Warkowska-Dratnal and Stenseth, 1985; Бигон и др., 1989; Многолетняя динамика..., 2002; Чистик и др., 2012). В этом аспекте на характеристики цикличности численности особей могут влиять, с одной стороны, их размеры, скорость роста и развития, особенности размножения, гормональные сдвиги, долгожительство, особенности расселения, пищевобывательная и защитная активность организмов, взаимодействия популяций, взаимодействия на трофических уровнях, а с другой –

пространственно-временное движение среды их обитания (климата, солнечной активности, наличия пищи, хищников, паразитов). Все это в совокупности определяет огромное многообразие, многовариантность проявления цикличности численности организмов и формируемых ими экосистем.

Весьма важные результаты получены и при изучении свойств лесных растений. Так, например, исследованиями ряда ведущих российских ученых установлено, что плодоношение (семеношение) деревьев сильно варьирует по годам (Ткаченко, 1939, 1955; Тимофеев, Дылис, 1953; Турский, 1954; Несетеров, 1958; Погребняк, 1963). Годы больших урожаев сменяются годами частичных и небольших урожаев и даже полных неурожаев семян. Цикличная периодичность наступления семенных лет и промежутков между ними зависит как от биологических свойств древесной породы, плодородия почв, так и от погодно-климатических условий, особенно во время цветения и созревания семян. При продвижении с юга на север и с запада на восток семенные годы наблюдаются реже. В семенные годы качество семян оказывалось выше, чем в малоурожайные. Причем семена, собранные в семенные годы, длительнее сохраняли всхожесть. Их масса и энергия прорастания были выше. Выяснилось также, что древесные растения с крупными семенами в одних и тех же условиях местопроизрастания плодоносят реже, чем породы с мелкими семенами. И чем благоприятнее климат, тем чаще и обильнее плодоносят деревья и кустарники и тем крупнее и полновеснее их семена.

В. П. Тимофеев и Н. В. Дылис (1953), обобщив материалы наблюдений на территории СССР, показали, что в условиях мягкого и влажного климата Полесья на Украине и Белоруссии обильный урожай дуба повторяется через 2–3 года, а в Воронежской области – через 7–8 лет. Обильный урожай сосны в западных областях России наблюдается через 3 года, в южных – через 3–4 года, на Кольском полуострове – лишь через 10–20 лет, а на севере Финляндии – даже один раз в 70–100 лет. При этом имеет место существенное колебание средней урожайности

семян. Например, в Боровом опытном лесничестве Подмосковья урожайность семян сосны колебалась от 1 до 19 кг/га, а в Обозерской даче Архангельской области – от 0.02 до 4.9 кг/га.

Недооценка проблемы хронобиологической цикличности движения свойств древесных растений и экосистем привела к очень серьезным ограничениям практического применения учения о бонитетах и разработанных на этой основе таблиц хода роста насаждений. По мнению ряда авторов (Соколов, 1931; Ткаченко, 1939; Мотовилов, 1955; Скрыбин, 1965; Семечкин, 1975), в СССР все опубликованные в лесотаксационных справочниках таблицы хода роста не учитывали тот факт, что в процессе развития одних и тех же участков леса бонитеты их древостоев циклично флюктуируют.

Путем длительных стационарных наблюдений в конце 50-х гг. XX в. М. П. Скрыбину (1965) удалось выявить важную особенность такого процесса, заключающуюся в том, что повышение прироста в древесных насаждениях приходилось как раз на фазу подъема векового цикла солнечной активности. Происходило очень существенное повышение класса бонитета у молодых и средневозрастных насаждений. Одновременно повышалась жизнеспособность деревьев различных пород, уменьшалось количество сухостоя и пораженность деревьев гнилью. В течение 3–5 лет прирост стволовой древесины в насаждениях превышал 20 м³/га в год. Но затем эти процессы замедлялись и биологическая продуктивность деревьев существенно снижалась.

Анализируя вопрос о бонитетах, И. В. Семечкин (1975) доказал, что все имеющиеся в СССР таблицы хода роста древесных насаждений не отражают происходящих в природе циклических изменений производительности условий местопроизрастания. Фактически имеющие место циклические колебания емкости экологических ниш существования древостоя, детерминируемые изменениями климата, солнечной активности, уровня грунтовых вод и связанных с этим изменениями производительности условий местопроизрастания, не принимались во внимание. Вы-

полненный И. В. Семечкиным анализ изменения погодичных приростов в высоту и в объеме деревьев позволил обнаружить факты очень значительных циклических колебаний прироста. Амплитуда таких колебаний производительности конкретных условий произрастания доходила до 3 классов бонитета. В итоге своих исследований автор приходит к следующему весьма важному выводу: «Пространственно-временное строение древостоев изучено еще очень слабо. Современная таксационная характеристика их абстрактна. Она характеризует запас насаждения и средние показатели древостоев и не дает конкретной пространственно-временной упорядоченности деревьев и их полога в лесу, от которых зависит темп прироста и изреживания. Таблицы хода роста нормальных насаждений не отражают действительности, а характеризуют лишь тот предел запаса и суммы площадей сечений в статике, которые возможны в данном возрасте и в данных условиях местопроизрастания при максимальной емкости экологической ниши и полном ее использовании древостоем» (Семечкин, 1975, с. 120–121).

Поскольку таблицы хода роста насаждений имеют исключительно важную роль при планировании лесного хозяйства, таксации лесных массивов, определении запасов, расчете выхода сортиментов и при установлении размера пользования лесом, на указанные недостатки следует обратить особое внимание.

Для понимания масштабов и значения процессов хронобиологического движения свойств лесных растений большую ценность имеют результаты дендрохронологических исследований временных рядов данных о погодичных изменениях прироста деревьев. Первые дендрохронологические исследования циклическости радиального прироста у деревьев выполнил американский эколог А. Е. Douglass (1909). В результате у многовековых деревьев секвойи (*Sequoia gigantea* Lind) ему удалось обнаружить 11, 20 и 36-летние циклы, а у желтой сосны (*Pinus ponderosa* Dougl.) – 10, 13, 20 и 23-летние циклы колебания прироста. Вслед за ним четко выраженную 20-летнюю циклическость прироста

годовых колец у деревьев в лесах Юго-Восточной Африки обнаружил Н. Walter (1936). В дальнейшем циклическость прироста годовых колец была констатирована в Западной Сибири, на Камчатке, на Урале, в горах Тянь-Шаня, в районе оз. Байкал, на Дальнем Востоке, на равнинной территории Литвы, в Казахстане и во многих других регионах (Шиятов, 1962, 1972, 1973, 1975, 1981, 1986; Комин, 1963, 1968, 1969, 1971, 1972, 1974, 1978; Галазий, 1967; Ловелиус, 1970, 1972, 1979; Таранков, 1973; Битвинскас, 1974, 1986; Мухамедшин 1974, 1977; Малоквасов, 1974, 1978, 1986; Оленин, 1974, 1976, 1977, 1982; Fritts, 1976; Борщева, 1978; Берри и др., 1979; Григорьева и др., 1979; Глебов и др., 1986; Гортинский и др., 1986; Шиятов, Мазепа, 1986; Пугачев, 1986; Schweingruber, 1993, 1996; Ваганов и др., 1996; Ваганов, Шиятов, 1999; Kozlowski, Paldardy, 1997; Демаков, Мазуркин, 1998; Мазепа, 1998; Киселева, 2001; Тишин, 2006; Ретеюм, 2012).

Перечисленные публикации отражают масштабность географической распространенности явления циклическости радиального прироста у деревьев и дают представление о степени напряженности постоянно действующего процесса циклических изменений в жизни древесных растений. В качестве конкретного примера сошлемся на исследования С. Г. Шиятова и В. С. Мазепы на территории, простирающейся от Полярного до Южного Урала. Для этого весьма крупного региона ими выполнен анализ генерализованных дендрохронологических временных рядов всего спектра главных лесообразующих пород. В результате выяснилось, что в масштабах только внутривековых периодов жизни древесных растений таких крупных территорий может быть выделено до 20–25 циклов изменения прироста стволов по диаметру (Шиятов, Мазепа, 1986).

Высокая ценность дендрохронологических исследований видится еще и в том, что они статистически значимо и объективно отражают не только краткосрочные, вековые, но и многовековые циклические колебания прироста толщины древесных стволов, позволяют уверенно диагностировать длитель-

ность, периодичность и временную приуроченность имеющих место циклических изменений биомассы древесных растений. Изучение циклических колебаний в дендрохронологических рядах дало возможность существенно расширить представление о циклической динамике лесных биогеоценозов в целом и даже движении их территориальных границ. Результаты дендрохронологических исследований подтвердили непрерывность и цикличность изменения общей продуктивности древостоев. Это оказалось важным и для дальнейшего развития учения о бонитетах. Как было установлено специальными исследованиями В. Антанайтиса (1964) и Т. Т. Битвинскаса (1974), у деревьев колебания прироста по высоте ствола соответствуют таким же колебаниям их прироста по диаметру.

Научные исследования поведения лесных растений в режиме глобальных изменений климата Земли проводились в период 1994–2014 гг. и в Казахстане (Проскураков, 2012, 2013а, б; Проскураков и др., 2013а–г). Здесь в результате анализа восьмидесяти временных рядов многолетних данных наблюдений за растениями, произрастающими в регионе от гор Северного Тянь-Шаня до пустынь Южного Прибалхашья, удалось на статистически значимом уровне выяснить весьма важные факты циклических изменений и разбалансировки жизнедеятельности растений в период глобального потепления. Установлено, что в одни и те же годы и при совместном произрастании на одной территории разные виды растений по-разному реагируют на режим изменения климата. Все как по известной русской поговорке: кому – война, а кому – мать родная. Например, одни виды энтомофильных растений в определенные периоды колебания климата утрачивают способность нектаровыделения, и по этой причине разрушаются их биотические связи. Они лишаются перекрестного опыления, прекращают семенное возобновление. Тем самым прерывается процесс рекомбинации генов для приспособления растений к новому климатическому режиму, что уже грозит их исчезновением. В те же годы другие виды растений, наоборот, улучшают эти показатели и существенно повышают свою

биологическую устойчивость и продуктивность. Такую разнонаправленность циклических процессов жизнедеятельности удалось установить и у многих других совместно произрастающих растений разных видов, в том числе изменения продуктивности их биомассы, качества семян, даты наступления всех фаз развития и роста, длительности периода вегетации и др. На основе хронобиологического анализа временных рядов оказалось возможным определять направление изменения биологических характеристик лесных растений и структуры формируемых ими экосистем в период изменения климата, устанавливать начало кризисных явлений в лесных экосистемах и отслеживать их развитие. При этом решать эти задачи удается для любого пункта, где ведутся преемственные многолетние наблюдения, и даже без применения дорогостоящих метеорологических исследований.

Результаты выполненных в Казахстане хронобиологических исследований статистически значимо (часто с вероятностью до 99.9 %) свидетельствовали о том, что и в период глобального потепления происходят закономерные интенсивные и очень важные для растений циклические изменения их жизнедеятельности. Они влияют на репродукцию, рост, развитие, биологическую продуктивность, важнейшие биотические связи и, как следствие, на биологическую устойчивость растительных экосистем в целом. И это отмечено у растений самых разных форм жизни, разных видов, внутривидовых форм и сортов, в том числе и древесных, интродуцированных в Казахстан из европейской и дальневосточной части России, Японии, Китая, Америки, гор Кавказа и ряда других регионов, а также у аборигенных древесных растений Казахстана, произрастающих в пределах крупного экологического полигона – от гор Северного Тянь-Шаня до пустынь Южного Прибалхашья.

Таким образом, временную цикличность движения можно обнаружить практически для всех важнейших свойств лесных растений и экосистем: в изменении сроков роста и развития лесных растений; в изменении качества семян лесных деревьев и периодичности

их семеношения; в периодичности естественного возобновления лесообразующих пород; в изменении радиального прироста, биомассы стволов деревьев и бонитетов, отражающих продуктивность лесообразующих пород; в процессах конкурентных взаимодействий лесообразующих пород, а также и подлеска; в изменении трофических взаимодействий в лесных биоценозах; в колебаниях численности и патогенности вредителей и болезней лесных растений.

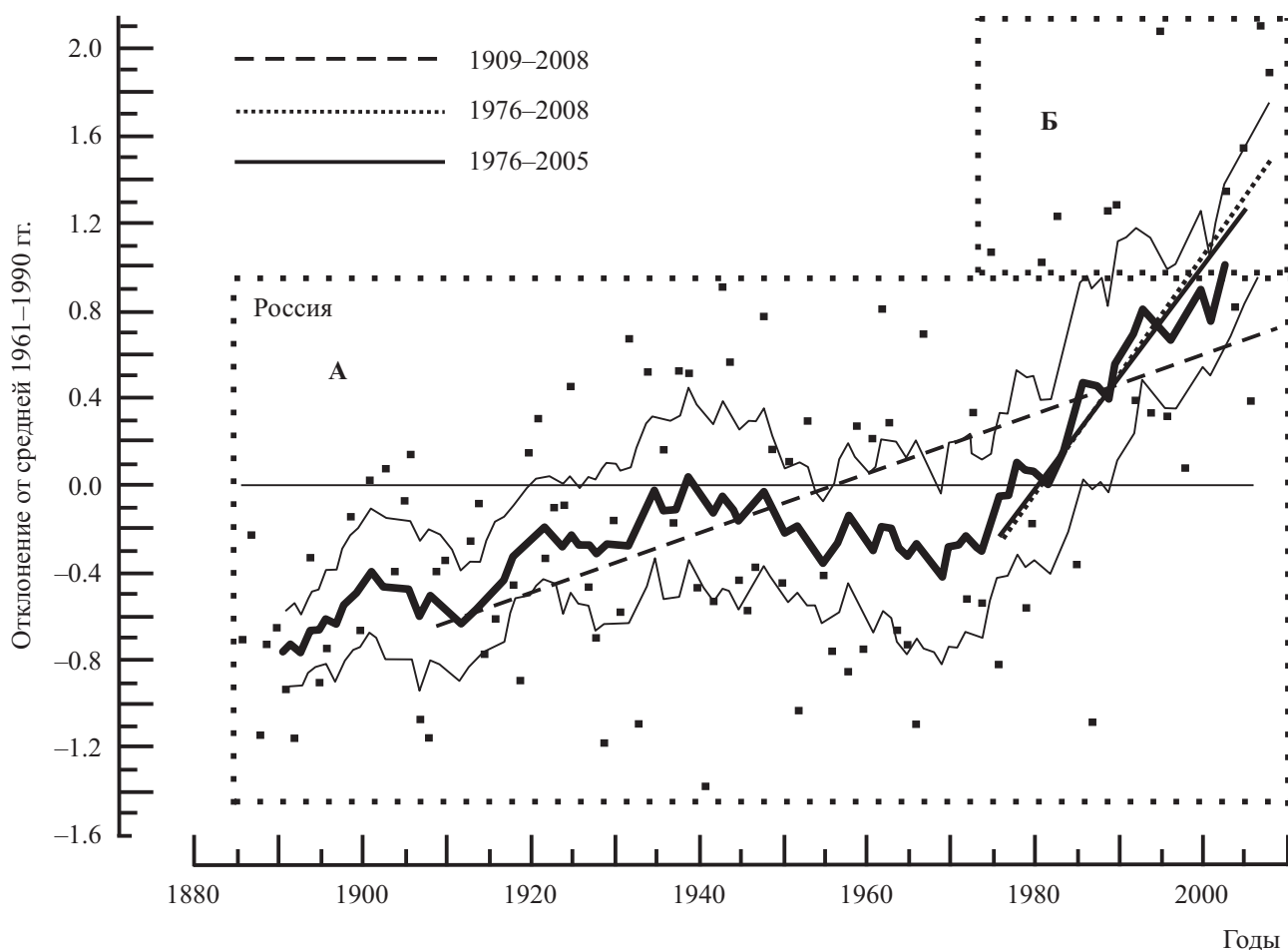
При этом большинство исследователей первопричину явления цикличности свойств лесных растений видели во влиянии циклических изменений среды их обитания. И данное представление хорошо согласуется с материалами наблюдений климатологов. Одним из важнейших результатов их исследований стал вывод о том, что климат Земли никогда не оставался неизменным. Он непрерывно и циклично менялся (Байдал, 1964; Афанасьев, 1967; Дроздов, Григорьева, 1971; Monin, Vullis, 1971; Кендалл, Стюарт, 1976; Spar et al., 1976; Борисенков и др., 1977; Treidi et al., 1981; Яглом, 1981; Perry, 1981; Klaus, 1982; Груза, 1987; Jones, 1988; Абрамова и др., 1988; Enfield, 1989; Парниковый эффект..., 1989; Чичасов, 1991; Пятое национальное сообщение..., 2010). Такие циклические колебания обусловлены влиянием океанов, их течений, внутриматериковыми движениями воздушных масс и космическими причинами, в том числе динамикой солнечной активности, причем специфика цикличности данного процесса отмечена даже в разные месяцы года. Например, Г. Н. Чичасовым (1991), исследовавшим многолетнюю цикличность колебаний термического режима, на примере Казахстана установлено, что для января здесь характерны 9, 21, 25 и 34-летние колебания средних месячных температур воздуха. В апреле максимальные амплитуды колебаний температуры имеют 5, 8, 16, 29, 32, 34 и 37-летнюю цикличность. В июле проявляются 5, 7, 12, 17, 28, 37 и 38-летние циклы колебания средних месячных температур воздуха. В октябре им уверенно диагностировались 15, 21 и 34-летние циклы и менее четко – колебания длительностью 24 и 36 лет. Обнаруженные Г. Н. Чичасовым (1991) многолетние

колебания термического режима имели как региональные, так и планетарные причины. При этом они происходили на фоне глобального потепления климата.

Характерные особенности изменения температурного режима климата, происходящие при глобальном потеплении в северных широтах Земли, могут быть проиллюстрированы на примере Российской Федерации, природные зоны которой включают полярные пустыни и тундру, лесотундру, северную тайгу, лесостепь, степь, полупустыню и пустыню. Материалы выполненных для этого региона наблюдений Росгидромета представлены на рисунке. Они убедительно доказывают, что средняя скорость потепления (коэффициент линейного тренда) за последние 100 лет (1909–2008 гг.) составила $0.14\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$. Причем с 1976 г. потепление стало наиболее интенсивным, так что тренд за 1976–2008 гг. стал уже $0.51\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$.

По рисунку также четко прослеживается цикличность процесса изменения температурного режима, отражающая природные закономерности функции температуры воздуха в режиме времени изменения климата. Отсюда ясно, что результаты исследований климатологов важны и при изучении циклического функционирования свойств лесных экосистем Земли. Опираясь на них, можно сделать весьма важный вывод о том, что циклические колебания климата постоянно и на всей планете изменяют среду обитания лесных растений, причем происходит это в период жизни каждого поколения древесных растений, даже если они живут на постоянном месте.

Данные рисунка позволяют также убедиться, что для анализа особенностей движения свойств лесных экосистем важно сосредоточить внимание не только на скорости, направлении и цикличности происходящих изменений климата, но и на том, в каком диапазоне варьирования температурного режима формировался и формируется лесной покров. С этой позиции в пределах графического поля рисунка представляется целесообразным условно выделить две области (см. оконтуренные пунктиром области А и Б), которые характеризуют разные диапазо-



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%-й доверительный интервал сглаженных значений. Линейные тренды проведены за периоды: 1909–2008, 1976–2005 и 1976–2008 гг. (цит. по: Пятое национальное сообщение..., 2010). Пунктиром автором выделены две области температурного режима формирования растительного покрова: А и Б. Пояснения в тексте.

ны изменчивости температурного режима. Выделенная область А включает все варианты варьирования температурного режима, когда потепление не превышало границ, наблюдаемых в 1943 г. Выделенная область Б отражает варьирование только той части характеристик температурного режима, которые превышали пределы варьирования в области А.

Как видим, формирование области Б началось с 1975 г. На этом этапе трансформации климата Земли среднегодовая температура воздуха начала часто и сильно возрастать. В результате она стала значительно превышать максимальные характеристики потепления для всего предшествовавшего периода. Несложно подсчитать, что именно в период 1975–2008 гг. уже в 40 % истекших

лет наблюдались столь высокие максимальные отклонения температуры воздуха, каких до этого не было. В результате совокупность лет с такими максимальными потеплениями воздуха составила совершенно новую устойчиво обособленную группу, которая быстро увеличивается.

Таким образом, можно констатировать, что начал формироваться совершенно новый режим цикличного варьирования температурных характеристик климата. Ясно, что и дальнейшее цикличное движение свойств лесных растений будет отражать как общий глобальный тренд потепления климата Земли, так и сопутствующую ему цикличность изменения его характеристик.

Рисунок отражает усредненную картину общей тенденции изменения климата на

огромной территории крупного континента Земли. Здесь глобальные изменения климата, сопровождаемые его циклическими колебаниями уже в новом диапазоне, происходят столь стремительно, что многие биологические виды и формируемые ими экосистемы не успеют приспособиться к такому режиму. В данной связи увидеть возможное будущее позволяют анализ и обобщение богатого опыта исследований интродукторов, переносивших растения в новые климатические условия.

Обобщенные материалы этих исследований убедительно доказывают, что при изменении климата неизбежны коренные и притом многовекторные изменения продуктивности и биоразнообразия растительных сообществ, динамики роста и развития растений, их биохимической реакции и биохимических модификаций. Произойдут сдвиги 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 смещение фаз роста и развития, изменится скорость их протекания. Выпадут отдельные фазы развития. Появятся нарушения феноритмики у растений. Изменяется скорость старения и долголетие организмов. Будет безвозвратно утрачен ценнейший генофонд растений. Формирующийся режим циклических изменений климата окажется благоприятным только для той части видов лесных растений, которые в своей древней истории имели возможность приспособляться к сходным условиям. А для тех лесных растений, генотип которых к новым климатическим условиям не приспособлен, неизбежны большие потери (Проскуряков, 2012).

Очевидно, что и дальнейшие пространственно-временные изменения движения свойств лесных экосистем будут сопровождаться сопряженным циклическим движением физиологических, биохимических, биофизических процессов и свойств лесных организмов, а также циклическостью процессов генетического отбора, адаптационной реакции растений

и лесной фауны, их конкурентных и трофических связей. И все это будет происходить на экосистемном уровне, когда с участием растений формируются целостные и устойчивые экосистемы живых и неживых компонентов, обладающие способностью регулировать не только свою внутреннюю среду, но и поток энергии, внутренние и внешние круговороты веществ, притом в режиме комплексного, сопряженного влияния непрерывно движущихся комбинаций геофизических, геохимических факторов и циклической солнечной активности. В итоге совокупностью этих причин будут детерминироваться исключительное многообразие, многовариантность и цикличность проявления биологических свойств лесных организмов и формируемых ими экосистем. Все изложенное вполне согласуется и с общенаучными представлениями (Чижевский, 1976; Белецкий, 2014) о циклическости солнечных, атмо- и биосферных процессов и явлений на Земле.

Таким образом, рассмотренные факты и материалы анализа результатов исследований позволяют констатировать следующее:

1) мы имеем дело с объективно, устойчиво, непрерывно и повсеместно проявляющимся действием закона пространственно-временной циклическости движения свойств лесных организмов и экосистем, а потому без учета его действия никакие мероприятия по оптимизации лесопользования, содействию возобновлению и поддержанию биологической устойчивости леса как естественно возобновляющегося ресурса Земли невозможны;

2) природная среда произрастания лесных растений формируется как итог сопряженного действия большого количества циклично флуктуирующих прямодействующих факторов, даже если имеет место преобладающее влияние какого-либо одного из них. А результаты варьирования возможных комбинаций эффектов совместного циклического влияния действующих на растения факторов и ответной циклической реакции на них от самих растений труднопредсказуемы. Поэтому для решения прикладных задач лесоводства анализ причинной цепи происходящих событий становится нерентабельным;

3) решение большинства задач, имеющих отношение к проблеме циклического движения свойств лесных экосистем, можно получить, контролируя сам процесс их движения в режиме нон-стоп. Для этого нужна сеть экологически ординированных ключевых стационаров, позволяющая накапливать, анализировать и интерполировать данные о движении свойств биогеоценозов на территории лесных регионов.

(Продолжение следует)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абрамова А. А., Битвинскас Т. Т., Борисенков Е. П. и др.* Колебания климата за последнее тысячелетие. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 408 с.
- Антанайтис В.* Таблицы таксации текущего прироста отдельных насаждений. Каунас: изд. Литовской с.-х. академии, 1964. 59 с.
- Афанасьев А. Н.* Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1967. 231 с.
- Байдал М. Х.* Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана. Л.: Гидрометеиздат. 1964. Ч. 1 и 2. 446 с.
- Белецкий Е. Н.* Цикличность – фундаментальное свойство развития и функционирования природных систем. 2014. http://agromage.com/stat_id.php?id=588
- Берри Б. Л., Либерман А. А., Шиятов С. Г.* Периодические колебания индексов прироста лиственницы сибирской в Тазовской лесотундре и их прогноз // *Экология*. 1979. № 6. С. 22–26.
- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд Л.* Экология. Особи, популяции и сообщества. Т. 2. М.: Мир, 1989. 477 с.
- Битвинскас Т. Т.* Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 172 с.
- Битвинскас Т. Т.* Опыт использования реперной системы солнечной активности для изучения закономерностей изменчивости радиального прироста деревьев // *Дендрохронология и дендроклиматология*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 174–180.
- Борисенков Е. П., Воробьева Е. В., Покровская Т. В. и др.* Долгосрочные колебания погоды и климата и их прогнозирование // *Современные фундаментальные исследования Главной геофизической обсерватории*. Л., 1977. С. 40–50.
- Борщева Н. М.* Колебания прироста арчи туркестанской в Заилийском Алатау // *Мат-лы по биоэкологии растений*. Алма-Ата, 1978. С. 12–17.
- Ваганов Е. А., Шиятов С. Г.* Роль дендроклиматических и дендрогидрологических исследований в разработке глобальных и региональных экологических проблем (на примере азиатской части России) // *Сиб. экол. журн.* 1999. Т. VI. № 2. С. 111–115.
- Ваганов Е. А., Шиятов С. Г., Мазена В. С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 246 с.
- Галазий Г. И.* Динамика роста древесных пород на берегах Байкала в связи с циклическими изменениями уровня воды в озере // *Геоботанические исследования на Байкале*. М.: Наука, 1967. С. 44–301.
- Глебов Ф. З., Черкашин В. П., Мацулева Г. Н.* Влияние климата на динамику радиального прироста в двух типах кедрового леса // *Дендрохронология и дендроклиматология*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 94–102.
- Гортинский Г. Б., Евдокимов В. Н., Феклистов П. А., Барзут В. М.* Многолетняя динамика прироста хвойных на европейском Севере // *Дендрохронология и дендроклиматология*. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 131–134.
- Григорьева А. А., Комин Г. Е., Полозова Л. Г.* Годичный прирост деревьев в Северном Казахстане как индикатор засух // *Тр. ГГО*. 1979. Вып. 403. С. 100–106.
- 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.
- Дажо Р.* Основы экологии. М.: Прогресс, 1975. 415 с.
- Демаков Ю. П., Мазуркин П. М.* Выделение волновых этапов во временных рядах хода роста деревьев // *Циклы природы и обще-*

- ства: мат-лы VI Междунар. конф. Ч. 2. Ставрополь, 1998. С. 176–179.
- Дроздов О. А., Григорьева А. С.* Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 158 с.
- Кендалл Н. Дж., Стюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды. М.: Наука, 1976. 736 с.
- Киселева Е. В.* Циклическая изменчивость радиального прироста ели европейской и внутривидовая динамика климата // География и природ. ресурсы. 2001. № 1. С. 120–124.
- Комин Г. Е.* Влияние циклических колебаний климата на рост и возрастную структуру девственных насаждений заболоченных лесов // Изв. СО АН СССР. Сер. биол.-мед. наук. 1963. Вып. 3. № 12. С. 15–20.
- Комин Г. Е.* Динамика прироста деревьев и древостоев и солнечная активность // Мат-лы Всесоюз. совещ. по вопросам дендрохронологии и дендроклиматологии. Вильнюс, 1968. С. 130–131.
- Комин Г. Е.* Динамика прироста сосны в Казахстане в связи с солнечной активностью // Солнечные данные. 1969. Бюл. № 8. С. 113–117.
- Комин Г. Е.* Вековой цикл в динамике прироста деревьев // Мат-лы Всесоюз. совещ. «Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере Земли и радиоуглеродное датирование». Вильнюс, 1971. С. 63–66.
- Комин Г. Е.* Циклическость в динамике прироста деревьев // Проблемы экспертизы растительных объектов. М., 1972. С. 54–64.
- Комин Г. Е.* Цикл Брикнера в динамике прироста деревьев // Лесоведение. 1974. № 2. С. 21–27.
- Комин Г. Е.* Циклическость в динамике лесов Зауралья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1978. 39 с.
- Ловелиус Н. В.* Колебания прироста годичных колец хвойных на верхней границе лесов в горных районах СССР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л., 1970. 25 с.
- Ловелиус Н. В.* Колебания прироста древесных растений в 11-летнем цикле солнечной активности // Ботан. журн. 1972. Т. 57. № 1. С. 64–68.
- Ловелиус Н. В.* Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979. 230 с.
- Мазена В. С.* Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в Субарктических районах Евразии: дис. ... д-ра биол. наук. Екатеринбург, 1998. 290 с.
- Максимов А. А.* Многолетние колебания численности животных, их причины и прогноз. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 252 с.
- Малоквасов Д. С.* О циклическости колебаний радиального роста кедров на Дальнем Востоке // Дендроклиматические исследования в СССР. Архангельск, 1974. С. 33–34.
- Малоквасов Д. С.* Соотносительная структура колебаний радиального роста кедров на Дальнем Востоке // Дендроклиматические исследования в СССР. Архангельск, 1978. С. 33–34.
- Малоквасов Д. С.* Проблемы и пути развития дендроклиматических исследований в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 20–25.
- Многолетняя динамика численности птиц и млекопитающих в связи с глобальными изменениями климата // Мат-лы Междунар. симп., 11–16 ноября, 2002, Казань, Республика Татарстан, Россия. Казань: ЗАО «Новое знание», 2002. 308 с.
- Мотовилов Г. П.* Лесоводственные основы организации лесного хозяйства СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 216 с.
- Мухамедшин К. Д.* Динамика прироста арчи в условиях высокогорья Тянь-Шаня за последнее тысячелетие голоцена // Тр. V Всесоюз. совещ. «Астрофизические явления и радиоуглерод», 4–6 окт. 1973 г., Тбилиси. Тбилиси, 1974. С. 149–161.
- Мухамедшин К. Д.* Арчевники Тянь-Шаня и их лесохозяйственное значение. Фрунзе: Илим, 1977. 185 с.
- Нестеров В. Г.* Лесоводство. М.: Сельхозгиз, 1958. 464 с.

- Одум Ю. Основы экологии. Пер. с 3-го англ. изд. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Оленин С. М. Вековая цикличность в динамике прироста сосняка заболоченного за 400 лет // Экология. 1974. № 2. С. 90–92.
- Оленин С. М. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках в связи с вековыми солнечными циклами // Лесоведение. 1976. № 2. С. 35–42.
- Оленин С. М. Динамика радиального прироста сосновых фитоценозов среднетаежной подзоны Предуралья // Экология. 1977. № 6. С. 72–75.
- Оленин С. М. Динамика радиального прироста древостоев сосновых фитоценозов среднетаежной подзоны Предуралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Свердловск, 1982. 18 с.
- Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы / Под ред. Б. Болина. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 557 с.
- Погребняк П. С. Общее лесоводство. М.: Изд-во с.-х. лит-ры, журн. и плакатов, 1963. 399 с.
- Проскуряков М. А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата // Тр. Ин-та ботан. и фитоинтродукции. Т. 18(1). Алматы, 2012. 228 с. www.botsad.kz
- Проскуряков М. А. Хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования при колебаниях климата // Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе: тр. Междунар. конф. 6–7 июня 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013a. С. 132–135. www.botsad.kz
- Проскуряков М. А. Градиентный и хронобиологический анализ растений для оптимизации природопользования в горах // Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана: тр. Междунар. конф. 12–16 авг. 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013б. С. 143–148. www.botsad.kz
- Проскуряков М. А., Зайченко О. П., Бабай И. В., Масалова В. А., Набиева С. В., Ишаева А. Н., Исмаилова Н. А., Хусаинова И. В. Хронобиологическая индикация уязвимости растений при изменении климата // Изучение ботан. разнообразия Казахстана на современном этапе: тр. Междунар. конф. 6–7 июня 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013a. С. 136–140. www.botsad.kz
- 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 // Изучение ботан. разнообразия Казахстана на современном этапе: тр. Междунар. конф. 6–7 июня 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013б. С. 140–143. www.botsad.kz
- 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 адаптационной стратегии растений при изменении климата // Изучение ботан. разнообразия Казахстана на современном этапе: тр. Междунар. конф. 6–7 июня 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013в. С. 143–148. www.botsad.kz
- 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 // Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана: тр. Междунар. конф. 12–16 авг. 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013г. С. 124–130. www.botsad.kz
- Пугачев П. Г. Цикличность и прогноз радиального прироста сосны обыкновенной степных боров Тургая // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 184–187.
- Пятое национальное сообщение Российской Федерации. М., 2010. 130 с.
- Ретеюм А. Ю. Дендрохронология макроциклов Солнечной системы // Мат-лы Междунар. конф. «Дендро-2012». М.: МГУЛ, 2012. С. 62–67.
- Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.
- Семечкин И. В. Основные методологические вопросы исследования динамики древостоев // Методологические вопросы лесоводства

- ведения. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 105–123.
- Скрябин М. П. Некоторые современные задачи лесоведения // Ботан. журн. 1965. Т. 50. № 2. С. 165–174.
- Соколов С. Я. Типы леса восточной части Бако-Варнавинского учебно-опытного леспромхоза // Природа и хозяйство учебных леспромхозов В 2-х т. Л.: ЛЛТА, 1931. С. 12–30.
- Таранков В. И. Некоторые результаты дендрохронологического анализа лиственницы курильской (*Larix kurilensis* Maur) в бассейне Камчатки // Почвы и растительность мерзлотных районов СССР. Магадан, 1973. С. 194–198.
- Тимофеев В. П., Дылис Н. В. Лесоводство. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1953. 551 с.
- Тишин Д. В. Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2006. 24 с.
- Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М.: Гослестехиздат, 1939. 350 с.
- Ткаченко М. Е. Общее лесоводство. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955. 600 с.
- Турский М. К. Лесоводство. М.: Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1954. 351 с.
- Четвериков С. С. Волны жизни (из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 г.) // Дневник Зоологического отделения Императорского об-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1905. Т. III. № 6. С. 1–5. http://kirsoft.com.ru/freedom/KSNews_41.htm
- Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 349 с.
- Чистик О. В., Головатый С. Е., Позняк С. С. Общая и радиационная экология. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2012. 313 с.
- Чичасов Г. Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 304 с.
- Шиятов С. Г. Верхняя граница леса на Полярном Урале и ее динамика в связи с изменениями климата // Докл. I науч. конф. молодых специалистов-биологов. Свердловск, 1962. С. 37–48.
- Шиятов С. Г. Дендроклиматическое изучение ели сибирской в низовье р. Таз // Дендроклиматохронология и радиоуглерод: мат-лы II Всесоюз. совещ. по дендрохронологии и дендроклиматологии. Каунас: Изд-во Ин-та ботан. АН Литовской ССР, 1972. С. 76–81.
- Шиятов С. Г. Дендрохронологическая шкала кедров сибирского на северной границе его произрастания в долине р. Таз // Лесоведение. 1973. № 4. С. 40–45.
- Шиятов С. Г. Сверхвековой цикл в колебаниях индексов прироста лиственницы (*Larix sibirica*) на полярной границе леса // Биоэкологические основы дендрохронологии. Вильнюс – Ленинград, 1975. С. 47–53.
- Шиятов С. Г. Климатогенные смены лесной растительности на верхнем и полярном пределах ее произрастания: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск, 1981. 57 с.
- Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 137 с.
- Шиятов С. Г., Мазена В. С. Цикличность радиального прироста деревьев в высокогорьях Урала // Дендрохронология и дендроклиматология. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 134–161.
- Яглом А. М. Корреляционная теория стационарных случайных функций. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 280 с.
- Andrewartha H. G., Birch L. C. The distribution and abundance of animals. Chicago: Univ. of Chicago Press, 1954. 281 p.
- Bodenheimer F. S. Précis d'écologie animale. Paris, 1955. 315 p.
- Cole La Mont C. Population cycles and random oscillations // J. Wildl. Manag. 1951. V. 15. P. 233–251.
- Cole La Mont C. Some features of random cycles // J. Wildl. Manag. 1954. V. 18. P. 107–109.
- Douglass A. E. Weather cycles in the growth of big trees // Month. Weath. Rev. 1909. V. 37. N. 6. P. 235–237.
- Enfield D. B. El Niño, past and present // Rev. Geophys. 1989. V. 27. N. 1. P. 159–187.

- Fritts H. C.* Tree rings and climate. London, New York, San Francisco: Acad. Press, 1976. 576 p.
- Jones P. D.* The influence of ENSO on global temperatures // *Climate Monit.* 1988. V. 17. N. 3. P. 80–89.
- Klaus W.* The southern oscillation, ocean – atmosphere interaction and El Niño // *Mar. Techn. Soc. J.* 1982. V. 16. N. 1. P. 3–10.
- Kozłowski T. T., Pallardy S. G.* Growth control in woody plants. San Diego: Acad. Press, 1997. 641 p.
- MacLulich D. A.* Fluctuations in the numbers of the varying hare (*Lepus americanus*) // *Univ. Toronto Stud. Biol. Ser.* 1937. N. 43. P. 15–30.
- Monin A. S., Vulis I. L.* On the spectrum of long-period oscillations of geophysical parameters // *Tellus.* 1971. V. 23. N. 4. P. 337–345.
- Palmgren P.* Some remarks on the short-term fluctuations in the numbers of northern birds and mammals // *Oikos.* 1949. N. 1. P. 114–121.
- Perry A. H.* German and British analogue selection in long-range weather forecasting // *J. Meteorol.* 1981. V. 6. N. 60. P. 169–170.
- Schweingruber F. H.* Trees and wood in dendrochronology. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1993. 386 p.
- Schweingruber F. H.* Tree rings and environment. Dendroecology. Berne, Stuttgart, Vienna: Paul Haupt, 1996. 609 p.
- Spar J., Atlas R., Kuo E.* Monthly mean forecast experiments with the GISS model // *Mon. Weather Rev.* 1976. N. 104. P. 1335–1350.
- Treidi R. A., Birch E. C., Sajecki P.* Blocking action in the Northern hemisphere: a climatological study // *Atmos. Ocean.* 1981. V. 19. N. 1. P. 1–23.
- Uvarov B. R.* The aridity factor in the ecology of locust and grasshoppers of the old world // *Human and animal ecology. Arid Zone Res. VIII, UNESCO. Paris, 1957.* 120 p.
- Walter H.* Die Periodizität von Trocken – und Regenzeiten in Deutsch Süd – West Africa auf Grund von Jahresringmessungen an Bäumen // *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.* 1936. Bd. 54. S. 608–620.
- Warkowska-Dratnal H., Stenseth N. S.* Dispersal and the microtine cycle: comparison of two hypotheses // *Oecologia.* 1985. V. 65. P. 101–120.

Problem of Chronobiological Cyclic of Movement of Forest Ecosystems Properties First Communication

M. A. Proskuryakov

Institute of Botany and Phytointroduction

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Timiryazev str., 36 b, Almaty, 050040 Republic of Kazakhstan

E-mail: proskuryakov_137@mail.ru

On the basis of generalization of materials of long-term research it is shown objectively manifested action of the law of cyclic recurrence of movement of all properties of forest organisms and ecosystems. The Action of this law should be considered, both in research and in use, for conserving biodiversity, productivity and resource values of forests. For this purpose, the conceptual solution to a problem of cyclic analysis of spatial-temporal movement of all properties of forest organisms and ecosystems was proposed as related to climate change thus allowing forest management at lower costs and risks. The possibility of using chronobiological analysis for assessment of cyclic changes of sensitivity, direction, speed and value of transposition of forest organisms and ecosystems' properties were shown. Likewise, it will contribute to development of new actual trends of theoretical and applied surveys. Among them are monitoring of coordinates' movement of spatial-temporal localization of properties of forest ecosystems, their productivity and protection role; analysis of cyclic movement of introduction results of forest organisms in new regions; development of reduced impact forest use and creation of new technologies allowing mitigation of adverse cyclic changes of productivity and biological steadiness of forests, their protection, and recreation role. Development of these directions will reduce inefficient labor and time costs for restoration and preservation of biodiversity and forest productivity, as the most important everlasting resource of the Earth.

Keywords: *forest ecosystems, chronobiology, cyclic recurrence of movement, plants, climate.*

How to cite: *Proskuryakov M. A. Problem of chronobiological cyclic of movement of forest ecosystems properties. First Communication // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 2: 71–84 (in Russian with English abstract).*

ПРОБЛЕМА ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СВОЙСТВ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Сообщение 2

© 2015 г. М. А. Проскуряков

*Институт ботаники и фитointродукции
Министерства образования и науки Республики Казахстан
Республика Казахстан, 050040, Алматы, ул. Тимирязева, 36д*

E-mail: proskuryakov_137@mail.ru

Поступила в редакцию 21.07.2014 г.

На основе обобщения материалов многолетних исследований показано устойчиво проявляющееся действие закона пространственно-временной цикличности движения свойств лесных организмов и их экосистем. Действие этого закона должно учитываться как в научных исследованиях, так и при использовании лесов, для сбережения их биоразнообразия, продуктивности и ресурсной ценности. Предложено концептуальное решение проблемы анализа цикличности пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем, которое позволит вести лесное хозяйство с наименьшими затратами и рисками. В данной связи показаны возможности применения хронобиологического анализа временных рядов для оценки циклических изменений степени уязвимости, направления, скорости и величины смещения свойств лесных растений и экосистем. Рассмотрены особенности решения задачи создания экологически организованных сетей хронобиологических стационаров и алгоритмы интерполяции результатов их наблюдений за циклическим движением свойств лесных экосистем на территории крупных регионов. Определены новые актуальные направления связанных с этим теоретических и прикладных исследований. Развитие таких направлений исследований повысит устойчивость и рентабельность лесопользования, избавит его от многих рисков, обеспечит наибольшую естественную продуктивность лесных экосистем, сократит неэффективные затраты труда и времени на восстановление и сбережение биоразнообразия и продуктивности лесов как важнейшего самовозобновляющегося ресурса Земли.

Ключевые слова: *лесные экосистемы, хронобиология, цикличность движения, растения, климат.*

DOI: 10.15372/SJFS20150607

В опубликованной первой части этой статьи (Проскуряков, 2015) рассмотрены главные аспекты проблемы хронобиологической цикличности движения свойств лесных экосистем, выяснены принципы концептуального, т. е. общего, замысла решения проблемы, определены последовательность и логика изложения материалов. Данная часть статьи посвящена дальнейшей детализации вопросов концептуального решения проблемы, а ее содержание будет систематизировано в последовательности принятых за основу принципов, второй из которых – **использование временных рядов как высокочувствительной основы анализа движения свойств лесных**

организмов и экосистем в режиме нон-стоп. Этот принцип получил широкое признание на ранних этапах становления многих биологических наук. Применение данного принципа считалось целесообразным и в геоботанике. Так, например, известный российский геоботаник Л. Г. Раменский, имея в виду настоятельную необходимость преемственных наблюдений с учетом фактора времени, еще в 1938 г. писал: «Хронологические ряды – результат стационарных наблюдений над сменами условий и растительности в течение ряда лет. Эти наблюдения освещают вопросы состава растительности, устойчивости и смены растительных группировок в зависимости от

разнообразных изменений внешних условий» (Раменский, 1938, с. 154).

И действительно, многолетние хронобиологические исследования поведения лесных организмов в режиме меняющегося климата Земли позволяли получать эмпирические ряды количественных данных, которые весьма точно отражали временную изменчивость движения их свойств. По мере развития науки совершенствовались приемы сбора и статистического анализа материалов хронобиологических наблюдений. Широкое применение получили метод расчетов автокорреляции данных временных рядов для диагностики наличия цикличности в процессах изменения изучаемых свойств организмов (Moran, 1952; Pool, 1978), а также метод индексной оценки первичных материалов хронобиологических наблюдений, позволяющий объективно исключать влияние фактора возраста лесных растений. Более подробный анализ истории развития исследований временных рядов, получаемых при изучении древесных растений, дан в монографии Т. Т. Битвинскаса (1974) и в книге С. Г. Шиятова и др. (2000).

С учетом проиллюстрированной специфики временных рядов для их анализа целесообразно использовать системный подход и общепринятое представление о процессуальных системах, работа которых как раз и понимается как последовательность смены явлений, состояний во времени развития какого-либо процесса (Горохов, 1972; Никаноров, 1972; Садовский, 1972; Юдин, 1972, 1973а, б; Гаазе-Рапопорт, 1973). Согласно этим представлениям, входом в процессуальную систему является период ее жизни, т. е. временной интервал, в течение которого она существует. Период жизни каждой процессуальной системы (T) имеет ряд состояний S_0, S_1, \dots, S_n , а выходом процессуальной системы являются результаты ее работы. С общеметодологических позиций, изучая зависимость между входом и выходом процессуальной системы путем использования аппарата вероятностных и статистических методов, можно анализировать ее поведение, даже не зная, как она устроена (Вентцель, 1969; Одум, 1975).

Следуя этим представлениям, к числу процессуальных систем можно отнести и лесные организмы, а также формируемые ими экосистемы (Проскураков, 2008, 2012), поскольку

работа каждой биологической системы тоже отражается последовательностью смены ее состояний в режиме времени. И входом в процессуальную биологическую систему также является период жизни (интервал лет), в течение которого изучается ее работа, а его конкретными состояниями – охваченные исследованиями годы наблюдений. Выход процессуальной биологической системы – исследуемые свойства лесных организмов и экосистем, трансформируемые в период циклично меняющейся среды их обитания. Отсюда ясно, что, *изучая связь между входом (периодом жизни) и выходом (результатами работы процессуальной биологической системы), можно на статистически значимом уровне исследовать динамику циклических изменений движения важнейших свойств лесных организмов и экосистем.*

Как и в отношении всех других объектов (Вентцель, 1969; Лакин, 1990; StatSoft, 2001; Едророва, Малафеева, 2007; Шмойлова и др., 2009; Соболев и др., 2010), характерной особенностью временных рядов лесных экосистем является то, что в качестве независимой переменной X здесь всегда выступает фактор времени, а зависимой Y – изменяющиеся свойства лесных организмов и экосистем. Связь между переменными X и Y носит односторонний характер, так как фактор времени не зависит от изменчивости свойств растений. Однако эмпирические временные ряды хронобиологических наблюдений интегрально отражают влияние не только основных, но и многочисленных других факторов, затушевывающих главную тенденцию (тренд) в динамике изменения свойств лесных организмов и экосистем. Вследствие этого решение задачи анализа движения систематической, регулярной составляющей изменений свойств лесных организмов и экосистем осложняется вариабельностью их характеристик, создающих «шум», затрудняющий обнаружение регулярной компоненты. Найти способ фильтрации такого шума можно, используя статистические методы анализа.

Для этого целесообразно применить корреляционный и регрессионный анализы связи, позволяющие выявлять и исследовать регулярную (систематическую) компоненту, отражающую динамику движения свойств лесных организмов и формируемых ими эко-

систем, притом в режиме времени непрерывно и циклично флюктуирующего интегрального воздействия факторов среды их обитания. Алгоритмы изучения криволинейных корреляционных связей и проверки нулевой гипотезы ($H_0: \eta = 0$) выборочных статистических показателей, а также построения линий регрессии общеизвестны (Плохинский, 1961; Доспехов, 1973; Лакин, 1990; StatSoft, 2001). С их помощью можно определять корреляционное отношение, ошибку, критерий существенности, доверительный интервал корреляционного отношения, коэффициент детерминации; получать координаты графических линий регрессии и их аналитические формулы, отражающие временной ход изменения характеристик лесных экосистем. Вместе с тем на этой же основе может быть выполнена числовая оценка скорости, величины и направления смещения регулярной компоненты характеристик лесных экосистем (Проскуряков, 2013), что позволит еще полнее использовать чувствительность временных рядов.

Сказанное можно пояснить результатами хронобиологического анализа циклического смещения даты начала плодоношения широко известного сорта лещины Тамбовский ранний *Corylus avellana* 'Tambovskiy ranniy', полученного не с помощью гибридизации, а путем отбора растений лещины обыкновенной *Corylus avellana* L. в естественно формирующихся лесах Тамбовской области и последующего их вегетативного размножения на опытных плантациях, что способствовало высокой генетической выровненности анализируемого материала (Проскуряков и др., 2013). Интродукция и наблюдения за этими растениями лещины проводились в Главном ботаническом саду Института ботаники и фитоинтродукции (г. Алматы) с 1995 по 2012 г., именно в тот период, когда происходили весьма интенсивные изменения климата. В процессе наблюдений обеспечивалось соблюдение принципа единственного различия – меняющегося климатического режима местности. Расчет вспомогательных величин, необходимых для вычисления корреляционного отношения и координат линии регрессии даты созревания плодов сорта Тамбовский ранний, выполнялся по ранее опубликованной методике (Проскуряков, 2009, 2012).

Накопленный временной ряд данных (рис. 1) отражает весьма существенную изменчивость сроков созревания плодов лещины. Регулярная (систематическая) составляющая этих изменений нередко затушевывается имеющей место вариабельностью («шумом») сроков созревания плодов. Поэтому применение здесь корреляционного и регрессионного анализов с целью фильтрации «шума» и выявления регулярной компоненты вполне оправданно.

Путем корреляционного анализа установлено, что сроки наступления фазы созревания плодов тесно коррелируют с изученным периодом времени изменения климата. Величина корреляционного отношения между датой начала фазы созревания плодов и изученным периодом времени изменения климата $\eta_{yx} = 0,99 \pm 0,04$ (при коэффициенте детерминации $d_{yx}^2 = 0,98$), а 95%-й доверительный интервал корреляционного отношения находится в пределах $0,99 \pm 0,01$. Нулевая гипотеза об отсутствии связи отвергается на высоком уровне значимости, так как $t_{\eta_{факт}} = 26,106$ больше $t_{табл.001} = 4,073$. Следовательно, с вероятностью 99,9 % здесь можно констатировать наличие статистически значимой, близкой к функциональной связи. А если судить по коэффициенту детерминации, то 98 % доли вариации сроков созревания плодов определяются их согласованностью с временной шкалой изученного периода изменения климата. Величина корреляционного отношения с вероятностью до 99,9 % подтверждает высокую степень уязвимости изученной фазы развития. Все это дает основания для построения и анализа линии регрессии даты созревания плодов лещины.

Для решения такой задачи можно воспользоваться корреляционной таблицей, по которой, как известно, рассчитываются вспомогательные величины при вычислении корреляционного отношения, его статистических оценок, а также значений групповых средних (\bar{x}_y и \bar{y}_x), являющихся координатами линии регрессии (Доспехов, 1973). Нанеся на график соответствующие им точки (отмечены на рис. 1 маркерами с указаниями года) и соединив их, мы получим линию регрессии, которая с достаточным приближением отражает поведение регулярной (систематической) компоненты для принятого в корреляционной таблице порядка группировки данных.

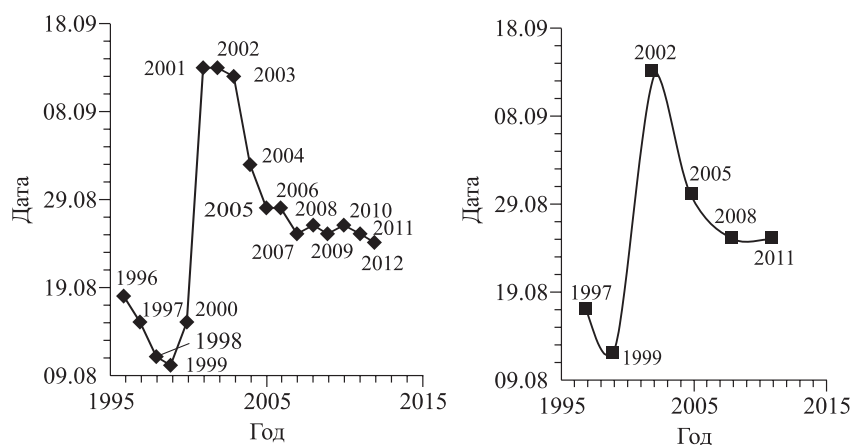


Рис. 1. Временной ряд (слева) и линия регрессии (справа) даты созревания плодов сорта *Corylus avellana* 'Tambovskiy rannii'.

Динамика смещения линии регрессии даты созревания плодов сорта *Corylus avellana* 'Tambovskiy rannii'

Период линии регрессии, годы	Длительность периода, лет	Дата фенофазы в начале и в конце периода	Направление и величина смещения фенофазы, дней	Скорость смещения фенофазы, дней/год
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

Линия регрессии рис. 1 свидетельствует о том, что за наблюдаемый период имели место очень существенные циклические смещения даты созревания плодов лещины и что процесс этот шел крайне неравномерно. Для того чтобы получить числовые оценки скорости и величины смещения даты созревания плодов, нужно воспользоваться координатами линии регрессии. Эти данные помещены в таблице (см. графы 1 и 3). Длительность каждого периода линии регрессии записана в графе 2. Направление и величину смещения фенофазы легко рассчитать как разность дат начала и конца периода (по данным графы 3). Результаты этого расчета записаны в графе 4. Полученные оценки скорости по каждому периоду линии регрессии записаны в 5-й графе таблицы.

Линия регрессии (см. рис. 1) и материалы таблицы иллюстрируют, что с 1997 по 1999 г. созревание плодов лещины началось на 5 дней раньше. Это изменение шло со скоростью 2.5 дня в год. Но в последующие 3 года (до 2002 г.) оно быстро (со скоростью

10.7 дней в год) и мощно (на 32 дня) сместилось в позднюю сторону. С 2002 по 2011 г. цикл ее смещения направлен только в раннюю сторону: с 2002 по 2005 г. – на 14 дней (при скорости 4.7 дня в год), а с 2005 по 2008 г. – еще на 5 дней (со скоростью 1.7 дня в год). В период с 2008 по 2011 г. смещение остановилось. В итоге за период с 2002 по 2011 г. созревание плодов лещины снова стало происходить раньше, но уже на 19 дней.

Рассмотренное методическое решение позволяет интегрально учитывать влияние всей имеющейся совокупности причин, детерминирующих движение свойств лесных организмов и экосистем, а вместе с тем дает возможность получать статистически значимые количественные результаты анализа временных рядов, отражающие движение свойств и уязвимость лесных экосистем. Исходя из общепринятых представлений о коэффициентах детерминации (Лакин, 1990), можно дифференцировать и степень уязвимости свойств лесных экосистем. При $\eta_{yx} = 0.5 \div 0.6$

их уязвимость является средней; $\eta_{yx} < 0,5$ указывает на слабую уязвимость, а $\eta_{yx} \geq 0,7$ – на сильную уязвимость (Проскуряков, 2012).

Все это найдет применение в исследовании широкого спектра свойств лесных экосистем. И хотя получаемые результаты хронобиологического анализа временных рядов полностью не раскрывают биологическую суть происходящих процессов, с их помощью можно количественно и на статистически значимом уровне исследовать циклическую трансформацию характеристик растений и их биотических связей, что открывает возможность выяснять динамику ресурсной ценности каждого таксона и каждой лесной экосистемы в любой период их жизни, позволяет определять реактивность системообразующих компонентов лесных ассоциаций, индикаторных представителей лесных экосистем и делать объективные заключения об их устойчивости. В итоге удастся выявлять основные типы адаптационной стратегии лесных экосистем и временной ход процесса их циклической трансформации в режиме времени изменения климатических условий. И, что особенно важно, становится возможным количественно оценивать биологическую устойчивость и ресурсную ценность растений, сопутствующих им организмов, а также формируемых ими экосистем в любой период их жизни как при потеплении, так и при похолодании климата.

Высокая чувствительность временных рядов позволяет получать статистически значимые числовые оценки степени уязвимости свойств растений, а также графические линии регрессии и аналитические формулы, количественно отражающие временной ход циклического изменения их характеристик. Она дает возможность выяснить скорость, направление и величину смещения регулярной (систематической) компоненты циклического движения свойств лесных организмов и экосистем, помогает обнаруживать такие сдвиги, которые оказываются существенными, угрожают выживаемости организмов, превышают уровень их адаптационной способности и свидетельствуют об их высокой уязвимости. Благодаря чувствительности временных рядов становится реальным оценивать стабильность или уязвимость каждой лесной экосистемы и ее свойств в динамике их циклического движения, а также определять критические периоды жиз-

ни лесных экосистем, в которые будет происходить их необратимая трансформация.

Вся информация, получаемая с помощью хронобиологических исследований временных рядов, нужна для того, чтобы уверенно ориентироваться в происходящих изменениях лесных организмов и экосистем. Без нее невозможны ни объективное проектирование лесоводственных мероприятий, ни их практическая реализация.

Но для эффективного использования этих результатов в масштабах крупных лесных регионов недостаточно знать движение свойств лесных экосистем лишь в пунктах хронобиологических наблюдений. Необходима системно организованная и экологически ординированная сеть ключевых хронобиологических стационаров, позволяющая выполнять интерполяцию их данных на территорию крупных лесных регионов. Для создания такой сети стационаров следует, прежде всего, определить координаты их размещения.

Принцип континуума растительного покрова и его градиентного анализа как раз и поможет решить задачу определения координат размещения экологически ординированной сети стационаров хронобиологических наблюдений.

Как известно, впервые концепция пространственной непрерывности (континуума) растительного покрова предложена русским геоботаником Л. Г. Раменским (1910). Дальнейшее развитие его идеи получили в работах многих исследователей. Но некоторое время имели место разногласия между сторонниками разных подходов: классификационного и использования ординации растительных систем на основе концепции континуума и методов градиентного анализа. Однако в процессе развития науки большинством исследователей было достигнуто согласие в том, что сочетание подходов даст более полное представление о растительности (Работнов, 1983).

Для определения координат размещения экологически ординированной сети стационаров важно иметь в виду два следующих основных варианта решения задачи:

- в горных регионах, где в связи с особенностями перераспределения тепла и осадков проявляется высотно-климатическая поясность растительного покрова, а вместе с тем имеют место и исключительно высокая его

пестрота и мозаичность, детерминируемая варьированием инсоляционного режима склонов разной ориентации;

- на территории плакоров, где закономерности размещения и поведения лесных растений и экосистем внутри континентов подчиняются законам зональности, при этом зональные лесные биоценозы типично выражены на просторах крупных водораздельных равнин, в которых характеристики лесных растений и экосистем постепенно дифференцируются по климатическим, биогеографическим и почвенным особенностям в связи с преимущественно широтным распределением солнечного тепла. На пограничных территориях континентов эти закономерности корректируются еще и влиянием соседних морей и океанов.

Несмотря на отмеченные особенности обоих вариантов, решение задачи ординации размещения хронобиологических стационаров может выполняться на основе результатов градиентного анализа. Это позволит объективно определить координаты ключевых хронобиологических стационаров и разместить их с минимальными экономическими затратами.

В порядке иллюстрации возможностей градиентного анализа растительного покрова вначале остановимся на результатах исследований двух горных районов (рис. 2). На верхней диаграмме рис. 2 представлены материалы, иллюстрирующие континуум растительного покрова гор Санта-Каталина штата Аризона (в США) по результатам градиентного анализа, выполненного Р. Уиттекером. В качестве основных детерминирующих факторов им учитывались высота над уровнем моря и топографическое увлажнение склонов, которое диагностировалось по их ориентации (Whittaker, 1956; Уиттекер, 1980). Согласно исследованиям Р. Уиттекера, пространственное разнообразие растительности гор, жизненных форм доминантных видов и их биологическая продуктивность отражают изменения условий топографического увлажнения по мере подъема в горы. При этом смена жизненных форм происходит непрерывно.

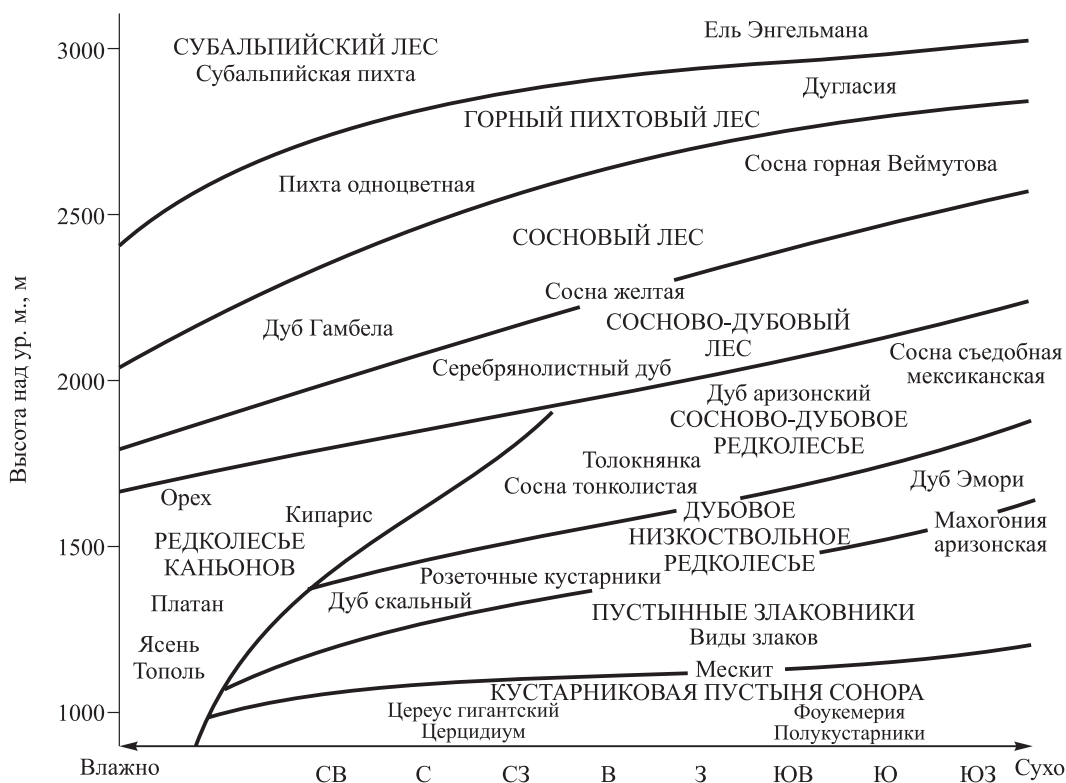
С изменением абсолютной высоты сменяют друг друга хвойные породы, склерофильные деревья с примесью вечнозеленых склерофилов и розеточных кустарников, злаки, колючие кустарники и полукустарники пу-

стыни. Работа на уровне схем растительных систем помогла Р. Уиттекеру выяснить преобладающие климатогенные тенденции континуума в распределении горных растений.

Снизу на рис. 2 размещена градиентная шкала, отражающая результаты количественного анализа встречаемости доминантов естественно формирующегося лесного покрова центральной части крупного горного хребта Заилийского Алатау, расположенного в Северном Тянь-Шане (Проскурников, 1983, 2012). Здесь представлены леса с преимущественным участием ели Шренка *Picea schrenkiana* Fisch. Et Mey., осины *Populus tremula* L., абрикоса *Armeniaca vulgaris* Lam. и яблони *Malus sieversii* (Ldb.) M. Roem. Слева на градиентной шкале отложена абсолютная высота местности. Снизу по оси абсцисс указана величина возможного годового прихода прямой солнечной радиации, определяемая с учетом азимута и крутизны поверхности горных склонов. В центре каждой клетки шкалы даны величины статистически значимых оценок встречаемости лесообразующих пород, вычисленные как доля (%) занятых ими круговых учетных площадок размером 16 м². Условные обозначения шкалы: Е – ель; Ос – осина; Аб – абрикос; Яб – яблоня. Пунктирными изолиниями показан класс бонитета древостоев ели Шренка. Детальное описание методики сбора и анализа исходного материала исследований дано в вышеупомянутых работах.

По материалам рассматриваемой градиентной шкалы легко заметить, что в силу обусловленной рельефом дифференциации общеклиматического фона местности Северного Тянь-Шаня размещение лесообразующих пород четко отражает сложный и пестрый континуум хорошо приспособленных к среде обитания лесных сообществ. При этом обилие каждой лесообразующей породы может варьировать в очень широких пределах в зависимости от состояния действующих факторов среды обитания и связанной с этим емкости экологической ниши.

Например, ель Шренка формирует наиболее продуктивные леса при бонитетах среднего II.5–III класса в пределах абсолютных высот 1700–2100 м над ур. м. на слабо инсолируемых северных склонах. Однако в границах верхних высотно-климатических поясов продуктивность ельников повышается уже не



Встречаемость основных лесообразующих пород (%) по градиентам абсолютной высоты местности и инсолируемости склонов. Изолинии бонитета ели Шренка

Высота над ур. м., м	2500	8E	13E	26E	33E	42E	47E
	2400	17E	23E	31E	34E	32E	39E
	2300	27E	31E	35E	33E	33E	32E
	2200	36E	40E	39E	33E	28E	25E
	2100	43E	44E	42E	34E	25E	19E
	2000	47E	42E	42E	34E	22E	14E
	1900	51E	48E	42E	33E	19E	8E
	1800	49E; 50c	44E; 60c	32E; 60c	30E; 60c	17E; 60c	6E; 10c
	1700	43E; 170c	32E; 240c	32E; 240c	25E; 230c	260c; 15E	220c; 5E
	1600	36E; 320c	36E; 350c	390c; 26E	440c; 21E	440c; 14E	450c; 4E
1500	440c; 22E; 1Aб; 1Яб	470c; 18E; 2Яб	490c; 15E; 2Яб	540c; 11E; 1Яб	620c; 8E; 1Яб	650c; 1E	
1400	22Aб; 6E; 6Яб; 30c	17Aб; 120c; 7Яб; 4E	200c; 17Aб; 5Яб; 3E	210c; 16Aб; 4Яб; 2E	160c; 11Aб; 7Яб; 1E	110c; 9Яб; 7Aб	
	60	75	90	105	120	135	
Градация возможного годового прихода прямой солнечной радиации, ккал/(см²·год)							

Рис. 2. Результаты градиентного анализа континуума растительности, выполненного в горах Санта-Каталина (вверху) и Северного Тянь-Шаня (внизу).

на северных, а на хорошо прогреваемых южных склонах. Совокупность смешанных лесов наиболее полно заселяет территорию в пределах абсолютных высот 1500–1800 м над ур. м. Здесь насаждения с участием ели и осины размещаются на склонах, ориентированных как на север, восток, запад, так и на юго-восток,

юго-запад. Там, где ель формирует наиболее продуктивные леса (по слабо инсолируемым склонам), она образует насаждения II.5 класса бонитета. А осина участвует лишь как примесь и встречается всего на 5 % площади насаждений. Со снижением абсолютной высоты до 1600 м на склонах этой же инсолируемо-

сти бонитет древостоев ели увеличивается до II.0 класса, но доля участия ели снижается, а осины увеличивается, и обе эти породы заселяют площадь уже в близком соотношении – 32–36 % встречаемости. На высоте 1500 м над ур. м. бонитет ели возрастает до I.5, однако она встречается лишь на 22 % площади насаждений, а осина занимает до 44 %. Причем к более инсолируемым склонам доля участия ели в формировании насаждений снижается (до 1–8 %).

В отличие от ели Шренка наиболее продуктивные осиновые леса формируются на лучше прогреваемых склонах нижней части лесного пояса (1500–1600 м над ур. м.). Здесь встречаемость осины в насаждениях достигает 65 %.

В целом с учетом характера изменения естественного соотношения осины и ели и их встречаемости в насаждениях можно констатировать, что градиентный анализ встречаемости пород отражает четко выраженное смещение фитоценологического и экологического оптимумов ели Шренка и осины. Объективным подтверждением такого факта служат высокий бонитет у ели в нижней части лесного пояса и в то же время ее незначительное участие в формировании древостоев. Данное явление объясняется тем, что в нижней части лесного пояса ель Шренка вытесняется осиной, как конкурентно более мощным доминантом.

Накопленный опыт применения рассмотренного подхода к градиентному анализу растительности в различных регионах гор Северного, Центрального, Западного Тянь-Шаня и Рудного Алтая (Проскураков, 1973, 1974, 1977, 1978, 1983; Проскураков и др., 1986) подтвердил целесообразность применения градиентного анализа и концепции континуума лесной растительности даже в крайне жестких условиях исключительного разнообразия и чрезвычайно резкой смены среды обитания растений в горах.

На фактическом материале, собранном в процессе этих исследований, выяснилось, что градиентный анализ позволяет количественно и на статистически значимом уровне дифференцировать не только континуум биологической продуктивности, структуры лесных экосистем и емкости занимаемых ими экологических ниш. Оказалось возможным дифференцировать и разнообразие видового, формового состава лесных насаждений, качества

продуцируемых семян, направление и характер конкурентных взаимодействий лесообразующих пород, состояние их естественного возобновления (Проскураков, 1983, 2012; Проскураков и др., 1986).

Таким образом, в горах решение задачи определения координат размещения сети ключевых пунктов стационарных наблюдений должно выполняться с учетом результатов градиентного анализа горизонтальной структуры лесной растительности. Для таких целей в горных регионах (и местности с пересеченным рельефом) целесообразно использовать систему координат, подобную проиллюстрированной на рис. 2. На этой основе можно решить задачу экономически эффективно, т. е. при минимальном количестве ключевых пунктов стационарных наблюдений, и получить возможность репрезентативно охватить все имеющееся разнообразие лесных экосистем, а в дальнейшем уверенно интерполировать полученные данные на экологические ситуации внутри созданной сети ключевых пунктов стационарных наблюдений.

Для проектирования сети ключевых пунктов стационарных наблюдений в условиях равнинных регионов с преобладанием плакоров удобнее использовать картографическую основу. Она также позволит учесть особенности континуума лесных экосистем и результаты их градиентного анализа. В первом приближении представление о географических масштабах градиентного разнообразия и континууме лесных экосистем очень крупных равнинных регионов северных широт можно получить по материалам «Атласа лесов СССР» (1973). Атлас отражает широтные тенденции континуума лесной растительности для территории свыше 1.2 млрд га (более 1/5 покрытой лесом площади земного шара). В нем даны количественная и качественная характеристика состояния лесов, их породный состав, продуктивность. Помещены карты, содержащие информацию о количественных и качественных показателях лесных ресурсов, ареалах древесных пород, размещении основных лесных формаций по территории, лесистости. Имеются карты распространения и численности наиболее важных представителей флоры и фауны. Фиксируемые атласом изменения лесной растительности хорошо согласуются с распределением климатических

поясов и областей континента, разнообразие которых детализировано в работе Б. П. Алисова и Б. В. Полтараус (1974). Материалы атласа очень ценны для понимания зональной тенденции градиентной дифференциации и континуума лесных экосистем, которые должны учитываться при ординации сети хронобиологических стационаров весьма крупных лесных регионов плакорных территорий. В этом аспекте большую ценность имеет и опыт продолжающихся градиентных исследований лесных экосистем сверхкрупных равнинных территорий, выполненных на примере Российской Федерации (Усольцев, 2002, 2014).

Однако, как известно, всегда имеющая место неоднородность рельефа (из-за наличия оврагов, холмистости) даже внутри территорий с преобладанием плакоров создает мозаичность в распределении растительного покрова. Это осложняет решение практических задач размещения хронобиологических стационаров, а также интерполяции результатов их работы на плакорах и вызывает необходимость доработки документов, подобных обсуждаемому атласу, с целью уточнения границ и изменений состояния лесных экосистем, расположенных на территории плакора. Решению данных задач помогут современные методы компьютерного картографирования, сопряженного с лазерно-локационной съемкой Земли и леса. Возможности использования спутниковой съемки рассмотрены в ряде специальных публикаций (Danilin, Medvedev, 2004; Coppin et al., 2004; Медведев и др., 2007). Поэтому останавливаться на них подробнее здесь мы не будем. Отметим лишь, что имеющиеся технологии позволяют выполнять трехмерный анализ земной поверхности, структуры, биомассы и других характеристик леса по данным лазерной локации и спутниковых систем глобального позиционирования. Их применение поможет интегрировать полученные результаты в геоинформационных системах и для целей дистанционного мониторинга размещения и трансформации именно плакорных лесов, причем с высокой точностью, при минимуме наземных работ, значительной экономии времени и финансовых средств.

В свете рассматриваемой задачи репрезентативного размещения хронобиологических стационаров особый интерес представляют и ретроспективные исследования географиче-

ских закономерностей цикличности изменения прироста древесных растений. В их числе работа С. Г. Шиятова (1986), проанализировавшего закономерности ретроспективной цикличности древесного прироста лиственницы, сосны и ели в масштабах всего Уральского хребта, выполненные Е. А. Вагановым с соавторами (1996) исследования древесно-кольцевых хронологий вдоль северной границы распространения древесной растительности в Урало-Сибирской Субарктике, а также материалы исследований С. П. Арефьева (2010), изучавшего ретроспективные закономерности и географические масштабы изменчивости радиального прироста кедра на территории Западно-Сибирской равнины. Ценность таких исследований в том, что их дальнейшее развитие позволит узнать географические масштабы циклических изменений прироста, обусловленные циклическостью среды обитания лесообразующих пород. И это поможет еще точнее определять географические координаты экологически ординированной сети хронобиологических стационаров.

Основные требования к содержанию работы ключевых хронобиологических стационаров и примеры их размещения на плакорах и в горах опубликованы (Проскуряков, 2012).

Становится ясно, что даже объективно и корректно ординированная *сеть ключевых хронобиологических стационаров будет эффективно работать лишь при условии соблюдения принципа интерполяции их результатов*. Именно это позволит уверенно и в режиме нон-стоп отслеживать движение свойств лесных организмов и экосистем любых территорий Земли. Для иллюстрации эффективности применения интерполяции результатов стационарных хронобиологических наблюдений в условиях плакоров можно воспользоваться картограммами рис. 3, заимствованными из опубликованного Росгидрометом 2-го тома «Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (2008, с. 103–105).

Исходным материалом для построения картограмм рис. 3 послужила интерполяция данных 30-летних наблюдений относительно небольшого (менее 50) количества пунктов хронобиологических наблюдений. Однако, как можно в том убедиться, по ним удалось выяснить картину климатогенного смещения

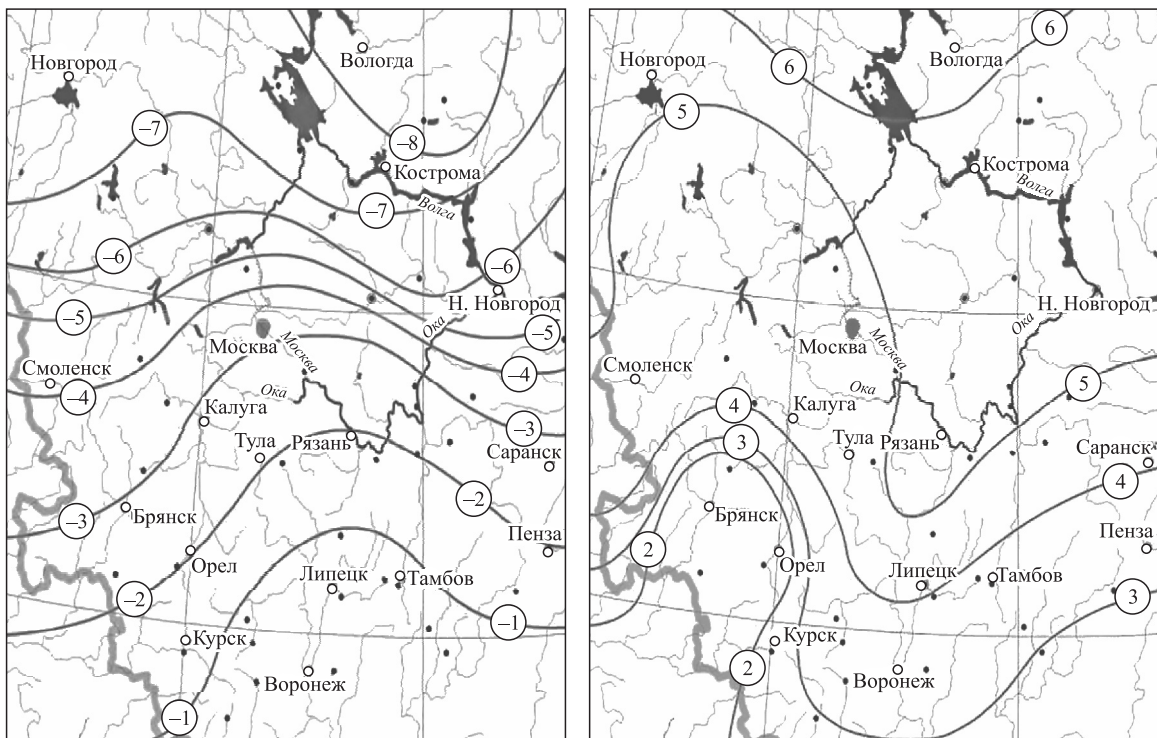


Рис. 3. Изофены смещения (в сутках) сроков развертывания первых листьев у березы повислой (слева) и окончания листопада (справа) на европейской территории России за период 1970–2000 гг. (Минин, 2000а, б; Воскова, 2006; Оценочный доклад..., 2008). Точками показаны пункты фенологических наблюдений. Пояснения в тексте.

изофен березы повислой *Betula pendula* Roth для очень крупного региона Восточно-Европейской равнины России, простирающегося на территории более 1 млн км².

Не вызывает сомнений, что изображенная на рис. 3 картина смещения изофен березы носит закономерный, а не хаотичный характер. На ней четко разграничены области наиболее мощных, средних и относительно слабых смещений даты наступления фенофаз, а также их географическая дифференциация. Результатом такого динамического процесса стала четко выраженная пространственно-временная локализация мест со сходными фенологическими свойствами лесных экосистем, формируемых березой повислой.

Важно отметить, что материалы рис. 3 отражают картину лишь итогового смещения фенофаз березы к концу 30-летнего периода наблюдений. Ими показан только конечный результат влияния циклического колебания климата и общего тренда его глобального потепления. Однако, как уже было доказано, из-за циклических колебаний климата свойства растений непрерывно меняются, даже если они находятся на постоянном месте. Поэтому в

охваченном исследовании 30-летнем периоде изофены каждой конкретной фенофазы березы непрерывно и циклично изменяли конфигурацию локализации мест со сходными фенологическими свойствами. И происходило это как в широтном, так и в меридианном направлениях.

Материалы рис. 3 наглядно свидетельствуют и о том, что каждая фенофаза березы имела индивидуальную, неповторимую динамику картины движения пространственно-временной локализации своих состояний. А это позволяет сделать еще один очень важный вывод: в пределах каждой лесной территории, притом в одни и те же годы, любое свойство лесных организмов и экосистем имеет неповторимые закономерности циклического движения и пространственно-временной локализации. И выяснить такие закономерности можно только путем поэтапной интерполяции результатов хронобиологических наблюдений сети экологически ординированных стационаров.

Общеизвестно, что фенологические изменения у растений обусловлены физиологическими, биохимическими и ферментативными

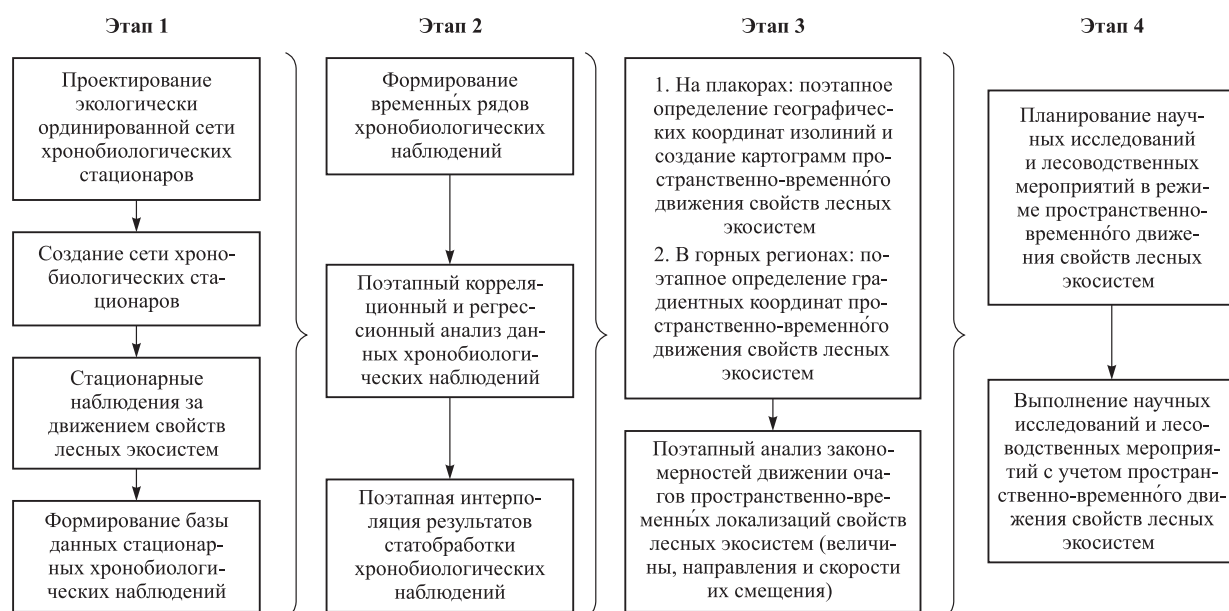


Рис. 4. Схема последовательности работы по оптимизации использования лесных экосистем с учетом пространственно-временного движения их свойств.

процессами, ритмом и скоростью происходящих ростовых процессов. Они отражают глубокие внутренние изменения в жизни растений, а также то, насколько условия среды соответствуют требовательности и биологическому ритму развития растений, их адаптационной стратегии. Но эти же процессы лежат в основе изменения и всех других свойств растений. На данном основании здесь можно констатировать и методологическую общность алгоритмов, которые должны применяться для решения задач интерполяции и последующего картографического изображения картины движения любых свойств лесных организмов и экосистем, происходящих в режиме времени изменения климата Земли. А рис. 3 целесообразно рассматривать как частный пример результатов этапа рабочего применения такого алгоритма в условиях плакоров.

Как в горных, так и в равнинных регионах применение интерполяции результатов стационарных хронобиологических наблюдений позволит на статистически значимом уровне непрерывно отслеживать процесс пространственно-временной локализации и циклического движения важнейших свойств лесных организмов и экосистем. Это создаст необходимую основу для оперативного решения важнейших задач рационального лесопользования в пределах весьма крупных лесных регионов без дорогостоящих метеорологиче-

ских наблюдений; поможет ориентироваться в направлении, величине, скорости смещения и степени уязвимости свойств лесных организмов и экосистем; даст возможность непрерывно контролировать картину движения локализуемых границ оптимумов свойств лесных организмов и экосистем каждого изучаемого региона; обеспечит готовность к негативным последствиям происходящей трансформации лесов и своевременному принятию действенных мер по предотвращению их разрушения. В итоге удастся достичь наиболее продуктивного, малорискованного, экономичного и природосберегающего режима ведения лесного хозяйства.

Для уверенного решения задач рационального лесопользования крайне необходимо соблюдать **принцип обязательного планирования научных исследований и лесоводственных мероприятий с учетом закономерностей пространственно-временного движения свойств лесных организмов и экосистем**. Эта работа должна быть организована в соответствии со схемой рис. 4.

На первом этапе такой работы выполняются проектирование и создание сети экологически ординированных хронобиологических стационаров. Организуются регулярные хронобиологические наблюдения и формируется база их данных для анализа движения свойств лесных экосистем.

На втором этапе по материалам продолжающихся регулярных наблюдений формируются временные ряды, выполняются их анализ и интерполяция результатов на промежуточные ситуации внутри созданной сети хронобиологических стационаров.

На третьем этапе анализируются закономерности локализации и пространственно-временного движения свойств лесных растений и их экосистем. Отслеживается движение координат местности, где свойства лесных организмов и экосистем локализуются по сходным характеристикам степени уязвимости, величины смещения, направления и скорости движения. Для определения мест таких локализаций на плакорах используются географические, а в горах – градиентные координаты. Работа ведется непрерывно, в режиме он-лайн.

На четвертом этапе результаты хронобиологического мониторинга и анализа применяются в решении задач науки и практики лесоводства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изложенное концептуальное решение проблемы оптимизации лесопользования сводится не к преодолению сил природы и не к стремлению исправить или любой ценой ослабить неблагоприятное влияние климата, наоборот, именно силы природы будут использоваться как главный фактор, создающий благоприятные условия для выращивания лесной продукции, в которой человек нуждается. Необходимый эффект будет достигаться без существенного вреда для жизни леса.

Основой такого решения задач лесопользования станет непрерывный анализ цикличного движения свойств лесных организмов и экосистем в режиме времени колебаний климата каждого лесного региона. Он позволит своевременно отслеживать смещения координат оптимумов их продуктивности и даст возможность решать вопросы вовлечения в хозяйственный оборот именно тех древесных пород и сопутствующих им организмов, в тех местах их обитания и в такие сроки изменения климата, когда природа сама обеспечивает наибольшую ресурсную продуктивность и естественное возобновление лесов. Данное решение проблемы поможет выполнять лесоводствен-

ные мероприятия с наименьшими затратами и рисками, но с максимальной эффективностью. Удастся вести лесопользование, избегая мест климатических невзгод, лавируя между ними в пространстве и времени флюктуации климата, и при этом постоянно получать максимальную биологическую продуктивность лесных экосистем.

Применение рассмотренного здесь концептуального решения проблемы лесопользования в режиме цикличного движения свойств лесных организмов и экосистем позволит развить ряд новых актуальных направлений теоретических и прикладных исследований, в том числе и для реализации формируемой Российской академией наук долговременной программы развития лесной науки России «Экологические и социально-экономические риски деградации лесов и пути их предотвращения» (Лукина, Исаев, 2014). Важнейшие из этих направлений следующие:

- мониторинг цикличного движения координат пространственно-временных локализаций характеристик разнообразия видового и формового состава, вертикальной, горизонтальной структуры, биологической устойчивости и процессов естественного самовосстановления лесных организмов и экосистем;
- мониторинг движения координат пространственно-временных локализаций фенологических, морфологических, анатомических, физиологических и биохимических характеристик лесных растений при циклическом изменении среды их обитания;
- мониторинг циклического движения координат пространственно-временных локализаций характеристик конкурентных внутри- и межвидовых взаимодействий, консортивных связей, биотических процессов и изменений структуры генофонда лесных растений;
- мониторинг циклической динамики биоценотической среды и движения емкости экологических ниш, пригодных для заселения лесобразующими растениями;
- мониторинг циклического движения координат пространственно-временных локализаций территорий, отличающихся характеристиками почвозащитной, противоселевой, противолавинной, водорегулирующей, водоохранной, бальнеологической и рекреационной роли лесного покрова;

- мониторинг циклического движения координат местообитаний, отличающихся пространственно-временной локализацией разных уровней ресурсной ценности лесных организмов, смещения их экологического и фитоценотического оптимумов, жизнеспособности и продуктивности, а также режима накопления биологически активных соединений. Решение на этой основе задач поиска в природе, заготовки и выращивания в культуре лесных растений с заранее заданными полезными качествами;

- мониторинг циклического движения координат местообитаний с кризисной трансформацией ресурсной ценности лесных растений и экосистем. Диагностика процессов кризисных явлений в лесных экосистемах. Анализ пространственно-временного циклического движения координат местообитаний с локализуемым кризисным развитием конкурентных и консортивных связей в лесных биоценозах, кризисными изменениями степени уязвимости лесных организмов и экосистем, а также жизнеспособности лесных растений и процесса естественного их восстановления;

- разработка щадящего режима лесопользования и заповедания природных объектов, мероприятий по поддержанию биологического разнообразия и сохранению генофонда лесных растений, стабильности структуры и продуктивности их природных популяций с учетом циклического движения координат местообитаний, характеризующихся пространственно-временной локализацией свойств лесных растений и экосистем;

- хронобиологический анализ циклического движения результатов интродукции лесных растений в новых регионах. Анализ степени уязвимости и реакции их свойств, а также ресурсной перспективности интродуцируемых растений;

- создание технологий лесопользования, позволяющих ослабить нежелательные циклические изменения почвозащитной, противоселевой, противолавинной, водорегулирующей, водоохранной, бальнеологической и рекреационной роли лесных экосистем;

- разработка методов оценки экономической эффективности и получаемой прибыли при ведении бизнеса на основе рационального лесопользования с учетом циклического движения координат местообитаний, отличающих-

ся пространственно-временной локализацией свойств лесных экосистем.

Развитие этих направлений долговременных непрерывных стационарных исследований поможет глубже познать важнейшие аспекты динамики лесных экосистем, позволит существенно ослабить неблагоприятные последствия циклических изменений лесных экосистем в режиме глобальных трансформаций климата, сократит неэффективные затраты труда и времени на восстановление и сбережение биоразнообразия и продуктивности лесов как важнейшего самовозобновляющегося ресурса Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алисов Б. П., Полтараус Б. В.* Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 299 с.
- Арефьев С. П.* Дендрохронологический анализ факторных полей состояния кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) в Западной Сибири // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Электронное периодическое издание. 2010. № 10. http://www.24kedr.ru/publications/science/1302/?PAGEN_1=2
- Атлас лесов СССР. М., 1973. С. 17–20.
- Битвинская Т. Т.* Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 172 с.
- Ваганов Е. А., Шиятов С. Г., Мазена В. С.* Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 246 с.
- Вентцель Е. С.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576 с.
- Воскова А. В.* Современные фенологические тенденции в природе центральной части Русской равнины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2006. 26 с.
- Гаазе-Рапопорт М. Г.* Кибернетика и теория систем. Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1973. С. 38–51.
- Горохов В. Г.* Множественность представлений системы и постановка проблемы системного эталона // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1972. С. 72–78.
- Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
- Едророва В. Н., Малафеева М. В.* Общая теория статистики. М.: Магистр, 2007. 606 с.
- Лакин Г. Ф.* Биометрия. М.: Высш. школа, 1990. 351 с.

- Лукина Н. В., Исаев А. С. О концепции программы «Экологические и социально-экономические риски деградации лесов и пути их предотвращения» // Научные основы устойчивого управления лесами: материалы Всерос. науч. конф., Москва, 21–23 окт. 2014 г. М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. С. 15–16.
- Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р. Лазерная локация земли и леса: учебн. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Геолидар, Геокосмос; Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. 229 с.
- Минин А. А. Фенология Русской равнины: материалы и обобщения. М.: Изд-во АВФ/АБФ, 2000а. 160 с.
- Минин А. А. Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000б. № 3. С. 75–80.
- Никаноров С. П. Системный анализ и системный подход // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1972. С. 55–71.
- Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 288 с.
- Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. С. 31–32.
- Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 364 с.
- Проскуряков М. А. Методика анализа размещения елового древостоя по элементам микрорельефа в горах Тянь-Шаня // Экология. 1973. № 2. С. 90–91.
- Проскуряков М. А. Принципы эмпирического моделирования возможностей территориального распределения ели в лесах Тянь-Шаня // Экология. 1974. № 3. С. 20–28.
- Проскуряков М. А. Встречаемость арчи полусферической в зависимости от распределения солнечной радиации в лесу // Тез. докл. VII Всесоюз. совещ. по вопр. изучения и освоения флоры и растительности высокогорий. Новосибирск, 1977. С. 179–180.
- Проскуряков М. А. Методика построения эмпирической модели размещения деревьев в горных лесах // Изв. АН Казахской ССР. Сер. биол. 1978. № 1. С. 17–24.
- Проскуряков М. А. Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов. Алма-Ата: Наука Каз. ССР, 1983. 215 с.
- Проскуряков М. А. Хронобиология растений при изменении климата // Проблемы обеспечения биологической безопасности Казахстана. Сб. мат-лов науч. конф. Алматы, 2008. С. 77–80.
- Проскуряков М. А. Методика хронобиологического анализа растений // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. 2009. № 4 (274). С. 53–57.
- Проскуряков М. А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата // Тр. Ин-та ботан. и фитоинтродукции. Алматы, 2012. Т. 18 (1). 228 с. <http://www.botsad.kz>
- Проскуряков М. А. Хронобиологический анализ скорости и величины смещения характеристик растений при изменении климата // Изучение ботанического разнообразия Казахстана на современном этапе: тр. Междунар. конф. 6–7 июня 2013 г. Алматы: Изд-во LEM, 2013. С. 132–135. <http://www.botsad.kz>
- Проскуряков М. А. Проблема хронобиологической цикличности движения свойств лесных экосистем. Сообщение 1 // Сиб. лесн. журн. 2015. № 2. С. 71–84.
- Проскуряков М. А., Пусурманов Е. Т., Кокорева И. И. Изменчивость древесных растений в горах (методические вопросы исследования). Алма-Ата: Наука Каз. ССР, 1986. 130 с.
- 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 // Сохранение и рациональное использование генофонда диких плодовых лесов Казахстана: тр. Междунар. конф. 12–16 авг. 2013 г. Алматы, 2013. С. 143–148. <http://www.botsad.kz>
- Работнов Т. А. Фитоценология. 2-е изд. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1983. 292 с.
- Раменский Л. Г. О сравнительном методе экологического изучения растительных сообществ. Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей. Отд. II. Вып. 9. М., 1910. С. 389–390.
- Раменский Л. Г. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. М., 1938. 620 с.

- Садовский В. Н.* Некоторые принципиальные проблемы построения общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник. 1971. М.: Наука, 1972. С. 35–54.
- Соболь Б. В., Борисова Л. В., Иваночкина Т. А., Пешхоев И. М.* Практикум по статистике в Excel. Ростов н/Д: Феникс, 2010. 382 с.
- Уиттекер Р.* Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980. 328 с.
- Усольцев В. А.* Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 762 с.
- Усольцев В. А.* Моделирование территориального распределения первичной продукции лесов: по географическим координатам или климатическим факторам? // Эко-потенциал. 2014. № 1 (5). С. 128–138.
- Шиятов С. Г.* Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 137 с.
- Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазена В. С., Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М.* Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Учеб.-метод. пособ. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
- Шмойлова Р. А., Минашкин В. Г., Садровникова Н. А.* Практикум по теории статистики. М.: Финансы и статистика, 2009. 415 с.
- Юдин Б. Г.* Становление и характер системной ориентации // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1972. С. 18–34.
- Юдин Б. Г.* Методологическая природа системного подхода // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1973а. С. 38–51.
- Юдин Б. Г.* Системные исследования в функциональном подходе // Системные исследования. Ежегодник. М.: Наука, 1973б. С. 108–126.
- Coppin P., Jonckheere I., Nackaerts K., Muys P., Lambin E.* Digital change detection in ecosystem monitoring: a review // Int. J. Rem. Sens. 2004. V. 25 (9). P. 1565–1596.
- Danilin I. M., Medvedev E. M.* Forest inventory and biomass assessment by the use of airborne laser scanning method (example from Siberia) // Int. Arch. Photogram. Rem. Sens. Spat. Inf. Sci. 2004. XXXVI (8/W2). P. 139–144.
- Moran P. A. P.* The statistical analysis of game bird records // J. Animal Ecol. 1952. V. 21. P. 154–158.
- Pool R. W.* An introduction to quantitative ecology. New York: McGraw Hill, 1978. 230 p.
- Whittaker R. H.* Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogr. 26. 1956. P. 1–80.
- StatSoft, Inc. Электронный учебник по статистике. М., 2001. StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

Problem of Chronobiological Cyclic of Movement of Forest Ecosystems Properties Communication 2

M. A. Proskuryakov

*Institute of Botany and Phytointroduction
Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan
Timiryazev str., 36d, Almaty, 050040 Republic of Kazakhstan
E-mail: proskuryakov_137@mail.ru*

On the basis of generalization of materials of long-term research, it is shown objectively, steadily, continuously and everywhere manifested action of the law of cyclic recurrence of movement of all properties of forest organisms and ecosystems. The Action of this law should be considered, both in research and in use, conserving biodiversity, productivity and resource values of forests. For this purpose, the conceptual solution to a problem of cyclic analysis of spatial-temporal movement of all properties of forest organisms and ecosystems was proposed during climate change thus allowing forest management at lower costs and risks. This solution is based on chronobiological analysis of spatial-temporal movement of forest plants and their ecosystems. The peculiarities of task solution of ecologically ranked distribution of chronobiological permanent study areas were reviewed in this relation. The interpolation algorithms of their observation results were proposed in order to analyze localization coordinates and spatial-temporal movement of properties of forest organisms and their ecosystems. The possibilities of use of chronobiological analysis for assessment of cyclic changes of sensitivity, direction, velocity and value of transposition of forest organisms and ecosystems' properties were shown. The proposed solution to a problem will increase steadiness and cost effectiveness of forest use during cyclic climate changes and will allow operating forestry at the maximum efficiency and at lower costs and risks under the highest natural productivity of forest ecosystems thus avoiding the areas of climatic adversities. In addition, this solution will help to observe reduced impact forest use and contribute to preservation of forests' biodiversity in space and time of fluctuating climate. Likewise, it will contribute to development of new actual trends of theoretical and applied surveys. Among them are monitoring of coordinates' movement of spatial-temporal localization of properties of forest ecosystems, their productivity and protection role; monitoring of coordinates' movement of habitats with critical transformation of resource value and biological steadiness of forest ecosystems; analysis of cyclic movement of introduction results of forest organisms in new regions; development of reduced impact forest use and creation of new technologies allowing to mitigate adverse cyclic changes of productivity and biological steadiness of forests, their protection, balneological and recreation role. Development of these directions will reduce inefficient labor and time costs for restoration, preservation of biodiversity and forest productivity as the most important everlasting resource of the Earth.

Keywords: *forest ecosystems, chronobiology, cyclic recurrence of movement, plants, climate.*

How to cite: *Proskuryakov M. A. Problem of chronobiological cyclic of movement of forest ecosystems properties. Communication 2 // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 6: 70–85 (in Russian with English abstract).*