

ДИНАМИКА ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН *LARIX SIBIRICA* LEDEB. В НАСАЖДЕНИЯХ ЮГА СИБИРИ С 1936 ПО 2000 ГГ.

О Павлов И.Н., Миронов А.Г.

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск

Отмечаемое в течение XX века потепление на территории Сибири сказывается на видовом составе фитоценозов. На протяжении исследуемого периода с 1936 по 2000 гг. наблюдается снижение посевных качеств семян (энергии прорастания и всхожести) лиственницы сибирской. Более интенсивно этот процесс протекает в насаждениях Барун-Хемчикского лесхоза (республика Тыва), менее интенсивно - в насаждениях Сонского и Саралинского лесхозов (республика Хакасия). Показатель энергии прорастания семян по сравнению со всхожестью является более "чувствительным" к изменению внешних факторов, в частности к изменению климата. Выявлена положительная корреляция энергии прорастания и всхожести с температурами мая, августа в период медленного роста температур (с 1958 по 1976 г.) и отрицательная в период интенсивного глобального потепления (с 1976 по настоящее время). Не установлено закономерного влияния количества осадков за вегетационный период на посевные качества семян.

Причина отрицательной реакции на повышение температуры заключается, с нашей точки зрения, в том, что пыльца рано тронувшихся в рост лиственниц повреждается заморозками. Другой причиной может быть активизация лесных насекомых и патогенов семян.

Heating, detected in Siberia in the last 20-year period, affects species composition of its phytocenoses. Since 1936 to 2000, Siberian larch seeds' sowing qualities (emergence rate and germinating capacity) were gradually declining. The most intensive development of the phenomenon is typical for the stands of Barun-Khemchik forestry (Republic of Tuva), the least intensive one - for the stands of Son and Saralinsk forestries (Republic of Khakassia). The index of the seeds' emergence rate, being compared with their germinating capacity, is more sensitive to environmental changes (in particular, to climate changes). The positive correlation between the emergence rate and germinating capacity, on the one hand, and May-August temperatures (the period of gradual heating, 1958-1976), on the other, is revealed (the same correlation for the period of intensive global heating, since 1976, is negative). There is no systematic influence of precipitation (for the season of vegetation) upon the seeds' sowing qualities found.

The cause of this negative reaction upon heating is, from our point of view, that pollen of the larches that begin to grow too early, is being damaged by the last frosts. Another cause may be related to attacks of forest insects and seed pathogens.

Растительные сообщества динамичны во времени и пространстве. Наряду с внутренними ценотическими факторами значительное влияние на структуру и функционирование лесных экосистем оказывает постоянно изменяющийся климат.

Согласно оценке состояния климата, в 2000 году глобальная средняя температура у поверхности Земли возросла на 0.6 ± 0.2 °C с конца XIX-го столетия (WMO statement ..., 2000). Величина линейного тренда для периода 1886-2000 гг. равна $+0.57$ °C/100 лет как в целом для Земного шара, так и для Северного полушария. 1990-е годы были самыми теплыми с 1861 г. Наибольшая доля возрастания глобальной температуры с конца XIX-го века связана с двумя отдаленными друг от друга периодами - 1910-45 (линейный тренд $+1.5^\circ/100$ лет) и особо быстрое потепление с начала 1970-х годов по настоящее время (линейный тренд $+1.757/100$ лет для Земного шара, и $+2.177/100$ лет для Северного полушария). Между этими периодами отмечено снижение температуры.

Изменение климата оказывает влияние на ход роста и отпада деревьев, взаимоотношение пород и динамику возобновления лесов. Ожидается, что изменение климата будет происходить быстрее, чем скорость, с которой экосистемы смогут адаптироваться и восстанавливаться. Соответственно состав видов растений в лесах, по всей вероятности, изменится. В некоторых регионах могут полностью исчезнуть целые типы лесов, и одновременно с этим могут возникнуть новые совокупности видов и соответственно новые экосистемы. Следует ожидать значительных смещений границ распространения растительности. Считается, что скорость миграции различных видов деревьев в **прошлом** составляла порядка 4-200 км в столетие. В том, что касается регионов в средних широтах, то среднее потепление на $1-3,5$ °C в следующие **100** лет будет означать перемещение **существующих** географических зон с **одинаковыми** температурами в направлении к **полюсам** примерно на 150-550 км или **перемещение** по высоте примерно на 150-550 м (Специальный доклад МГЭИК. Последствия **изменения** климата для регионов..., 1997).

Исключительная устойчивость **лиственницы** к неблагоприятным климатическим факторам делает ее чрезвычайно чувствительной

к отмечаемому в настоящее время глобальному потеплению. Главная природная особенность лиственничных лесов Северной Евразии - сопряженность его большей части с криолитозоной, а также высокая континентальность, обусловленная исключительно низкими зимними температурами (средняя температура января $-25^\circ \dots -30^\circ$ C и ниже), усугубляемая малоснежностью длительных холодных зим (Уткин и др., 2001).

Достаточно хорошо изучено продвижение лиственницы на север, где она является первопроходцем и не подвержена давлению со стороны других видов. В свою очередь высокая требовательность к условиям освещения не дает ей возможности конкурировать с другими породами в южных районах, где для них имеются приемлемые климатические и почвенные условия. Вполне очевидно, что на южной границе распространения вида, лиственница сибирская наиболее подвержена глобальному потеплению климата. Поэтому при изменении климата лиственница на части своего ареала может смениться елью и пихтой, а в ряде случаев - сосной (Второе национальное сообщение, 1998).

Объект и методика

Существующие древесные ценозы достаточно инерционны к медленным изменениям климата поэтому чрезвычайно сложно получить свидетельства о климатически обусловленном уменьшении доли участия лиственницы в зоне южной тайги. Непосредственное и первоочередное влияние климатических изменений может проявиться в процессах возобновления. Преимущества стратегии возобновления лиственницы более всего проявляется при трансформации экотопов: абсолютной (гари) или частичной (вырубки) и участков с нарушенной поверхностью, в меньшей мере - на влажном моховом субстрате (Уткин, 1999).

Учитывая низкую возобновительную конкурентоспособность лиственницы по-
пологом леса не целесообразно использовать изменение количества подроста для выявления климатически обусловленной доли. С нашей точки зрения решение данной задачи возможно путем изучения возобновления на гарях или рубках (при наличии обсеменителей) или анализ посевных качеств семян в динамике.

Всхожесть семян являются важным оценочным критерием состояния как отдельного дерева, так и древесного ценоза в целом. Долговременные ряды наблюдений позволят не только прогнозировать качество семян в зависимости от тренда глобального изменения климата, но и моделировать ареал лиственницы сибирской.

На зональных лесосеменных станциях сосредоточена огромная информация о качестве семян за длительный период времени (достаточная для получения статистически достоверных выводов). Полученные на Красноярской лесосеменной станции данные за период с 1956 по 2000 гг. о семенах лиственницы сибирской, собранных в южной части Красноярского края, Хакасии и Тыве были использованы для изучения закономерностей в динамике качества семян. Более ранние сведения получены по опубликованным данным (Верховцев, 1936).

Результаты и обсуждение

Реликтовый характер лиственницы, в большей степени Европейской части СССР и Урала, в районах благоприятных для произрастания пихты, ели, сосны отмечается Н.В. Дылисом (1947). Это проявляется и во всхожести семян (20-40 % характерно для лиственницы из Европейской части СССР и Урала, 60-80 % - для южных районов Западной и Восточной Сибири). В тоже время проведенный нами корреляционный анализ между технической всхожестью и широтой места сбора семян по данным О.Ф. Буторовой (1986) показал полное отсутствие зависимости.

Для лиственничников юга Сибири отмечается плохое естественное возобновление не только под пологом леса, но и на вырубках,

гарях (Тихомиров, Тищенко, Поляков, 1928; Поварницын, 1940; Богоявленский, 1940; Авров, 1996). Лиственница в низкогорной части Хакасии растет в смешанных насаждениях с березой и часто ею замещается (Авров, 1996). Даже проведенное содействие естественному возобновлению на вырубке листвяга широколиственного не способствовало повышению всхожести, несмотря на достаточное количество семян (от 35 до 215 шт/га) (Лашинский, 1958). Анализ семян показал, что в большинстве своем они повреждены птицами и мышевидными грызунами.

Совершенно очевидно, что абсолютно различные по своим результатам исследования свидетельствуют о коренных изменениях лиственничников юга Сибири в пространстве и во времени.

Снижение доли участия лиственницы в составе древостоя из-за ее низкой конкурентоспособности, первоочередной вырубки сказывается на увеличении количества партеноспермических семян. Особенно низкое качество имеют семена лиственницы сибирской, собранные с отдельных деревьев. (Верховцев, 1936). В итоге два этих фактора «снижение доли участия» и «падение всхожести» взаимно усиливают друг друга.

На рисунке 1 приведена динамика энергии прорастания и технической всхожести семян лиственницы сибирской, заготавливаемых в насаждениях Барун-Хемчикского лесхоза с 1963 по 2002 гг. На гистограмму нанесены фактические среднемесячные температуры мая и августа. В период с 1968 г. отмечается устойчивое снижение энергии прорастания (за исключением 1979 г.).

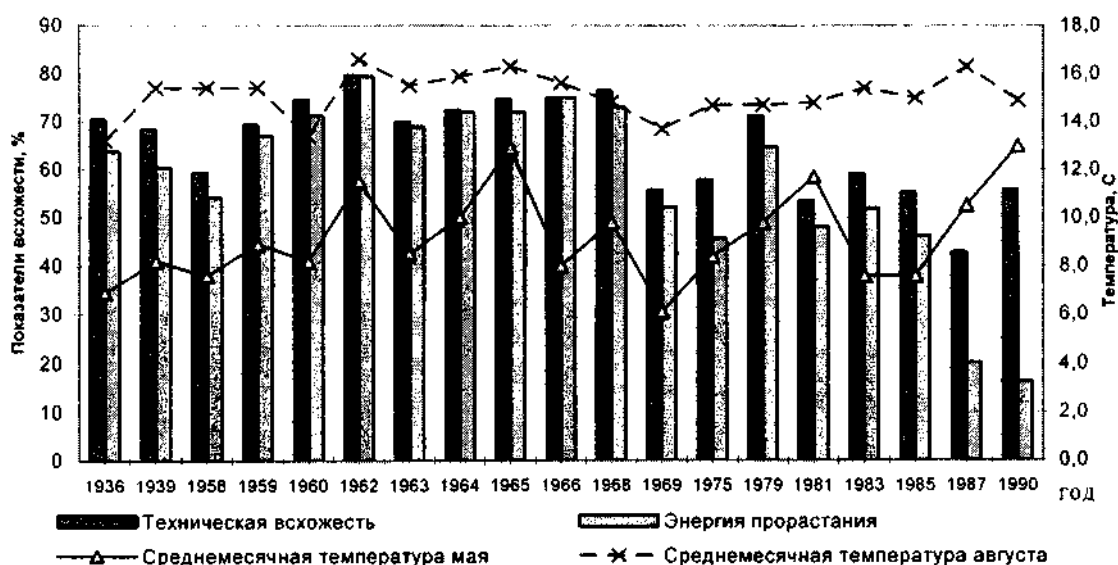


Рисунок 1 - Динамика энергии прорастания и всхожести семян лиственницы сибирской Барун-Хемчикского лесхоза.

Техническая всхожесть изменяется в меньшей степени и не отражает каких-либо закономерностей. Способность давать дружные всходы за короткий период времени (в данном случае за 7 дней) безусловно является более чувствительным показателем, подходящим для оценки влияния экзогенных факторов на возобновление. Важность данного показателя отмечается в ряде работ (Каппер, 1936; Попов, 2001). Энергия прорастания снижается с отметок 60-70 % в 1960-х годах до нулевых в 2000 году.

Изменчивость изучаемых показателей может отражать влияние внешних факторов. На фоне динамики общего ухудшения посевных качеств семян в этом районе, повышение изменчивости энергии прорастания (с 9 до 35 % в Барун-Хемчикском и Сонском лесхозах и с 9 до 51 % в Саралинском) в пределах урожаев одного

года свидетельствует о постепенном усилении влияния негативных для репродуктивной функции лиственницы сибирской факторов.

Отсутствие видимого увеличения изменчивости семян по всхожести подтверждает большую "чувствительность" к внешним факторам именно показателя энергии прорастания.

Между коэффициентом вариации энергией прорастания, технической всхожестью и их абсолютными значениями установлена обратная зависимость (соответственно от -0,70 до -0,81 и от -0,48 до -0,82). Анализ данных образцов семян лиственницы сибирской, заготавливаемых в насаждениях Сонского лесхоза представлен на рисунке 2.

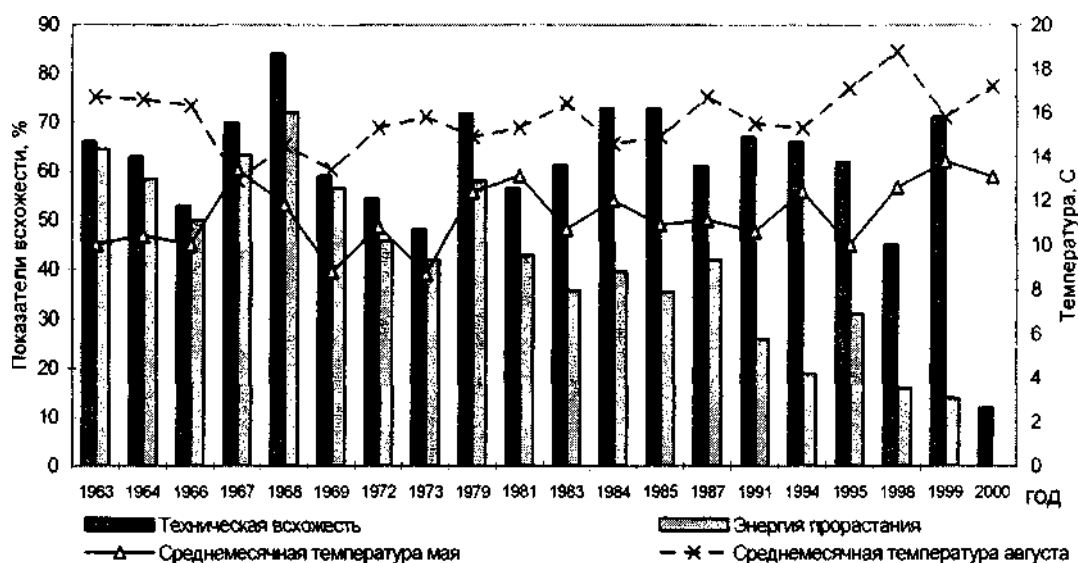


Рисунок 2 - Динамика энергии прорастания и всхожести семян лиственницы сибирской Сонского лесхоза (данные 1936 года по данным Н.П. Верховцева, 1936)

Динамика посевных качеств семян лиственницы Сонского лесхоза аналогично семенам Барун-Хемчикского лесхоза. Наблюдается значительное снижение энергии прорастания и всхожести. Можно выделить три точки снижения энергии прорастания: 1958, 1975, 1990. Для семян Барун-Хемчикского лесхоза характерен значительный разрыв между всхожестью и энергией прорастанием с начала 80-х годов. В Сонском лесхозе разрыв начинается с 1987 г. Характеристика качества семян в динамике в северо-западной части Республики Хакасия демонстрирует график динамики всхожести семян лиственницы сибирской Саралинского лесхоза за период с 1958 по 1987 гг. (рисунок 3).

В отличие от рассмотренных выше лесхозов, динамика снижения качества семян в

Саралинском лесхозе менее очевидна. Одна из причин - более холодный по сравнению с другими рассматриваемыми лесхозами климат.

Как видно из графиков температурных данных, вегетационный период юга Средней Сибири за последние два десятилетия приобрел тенденцию к потеплению, причем этот процесс имеет большую интенсивность в Республике Тыва по сравнению с Республикой Хакасия.

Установление зависимости между метеорологическими данными и посевными качествами семян с помощью корреляционного анализа позволило выявить некоторые закономерности влияния климатических условий на формирование семян. Исследуя период с 1958 по 2000 гг. нам не удалось получить значимых коэффициентов корреляции и обнаружить устойчивых закономерностей.

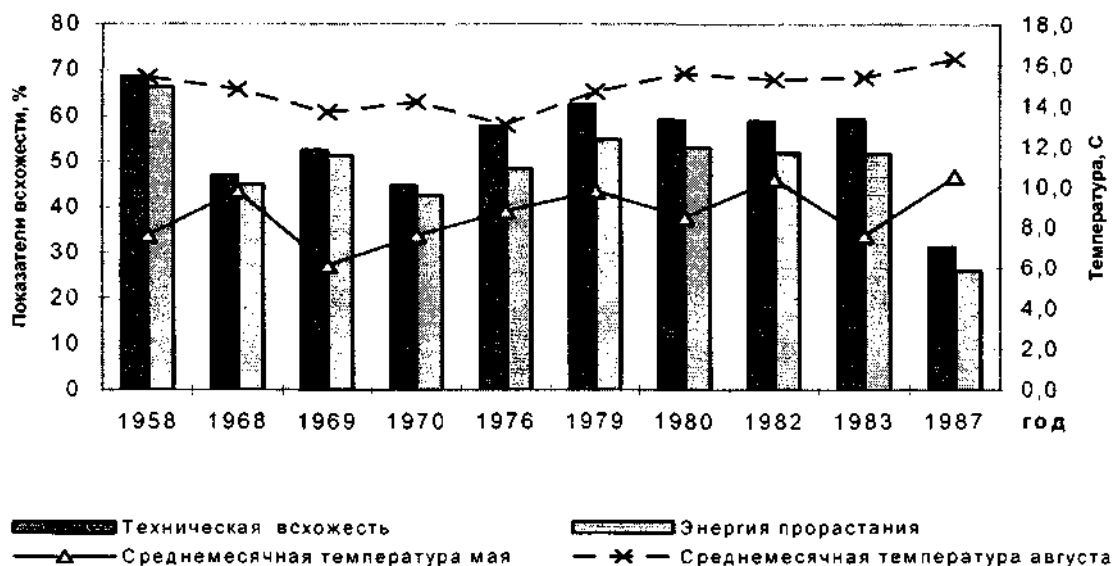


Рисунок 3 - Динамика энергии прорастания и всхожести семян лиственницы сибирской Саралинского лесхоза

Учитывая, что глобальные климатические изменения происходили в течение исследуемого нами периода как в направлении интенсивного потепления, так и похолодания (достаточно хорошо прослеживаемые по температурным

кривым), исследуемый ряд был разбит на отрезки времени, характеризующиеся однородностью климата. Корреляция рассчитывалась отдельно по каждому из выделенных отрезков времени (таблица 1).

Таблица 1 - Влияние климатических показателей на посевные качества семян (г)

Показатель	Месяц	1958-1976 гг.		1976-2000 гг	
		энергия прорастания, %	всхожесть, %	энергия прорастания,%	всхожесть, %
Барун - Хемчикский лесхоз (метеостанция Тэли)					
Темпера-тура, °С	май	0,56	0,66	-0,34	-0,30
	август	-0,28	-0,34	-0,51	-0,64
Количество осадков, мм	май	0,01	-0,03	-0,23	0,34
	июль	-0,43	-0,34	0,23	0,47
Сонский лесхоз (метеостанция Ши́ра)					
Темпера-тура, °С	май	0,60	0,68	-0,56	-0,20
	август	0,47	0,45	-0,51	-0,74
Количество осадков, мм	май	0,13	0,09	0,11	0,03
	июль	0,25	0,19	-0,83	-0,50
Саралинский лесхоз (метеостанция Ши́ра)					
Темпера-тура, °С	май	-0,28	-0,26	-0,47	-0,49
	август	0,60	0,63	-0,43	-0,52
Количество осадков, мм	май	-0,73	-0,72	0,35	0,31
	июнь	-0,21	-0,19	0,39	0,43
	август	-0,04	-0,04	0,27	0,36

Наибольший интерес представляет период опыления и оплодотворения, как наиболее чувствительный к неблагоприятным

климатическим факторам. Нарушение температурного оптимума безусловно сказывается на посевных качествах семян. В то

время как в «холодный» период (1958-1976 гг.) между температурой мая с одной стороны и энергией прорастания, всхожестью с другой установлена положительная корреляция (в Барун - Хемчикском лесхозе 0,56 и 0,66 соответственно; в Сонском лесхозе 0,60 и 0,68), в «теплый» период (1977-2000 гг.) знак корреляции меняется на отрицательный (в Барун - Хемчикском лесхозе -0,34 и -0,30 соответственно; в Сонском лесхозе -0,56 и -0,20). Причина отрицательной реакции на повышение температуры заключается, с нашей точки зрения, в том, что пыльца рано тронувшиеся в рост лиственниц повреждается заморозками. Другой причиной может быть активизация лесных насекомых и патогенов семян, в связи с их физиологической чувствительностью к изменению температуры, коротким жизненным циклом, меньшей инерционностью по сравнению с фитоценозом, высоким репродуктивным потенциалом.

Из отмеченных закономерностей выбиваются данные по всхожести семян из Саралинского лесхоза. Для них характерна отрицательная корреляция с температурой мая как в холодный период, так и в теплый.

Выделяется также отсутствие увеличения разрыва между всхожестью и энергией прорастания в последнее двадцатилетие XX века. В тоже время всхожесть в 1987 г. (последний год, по которому есть данные) в Саралинском лесхозе ниже чем на других исследуемых территориях и составляет 31,2 % (в Барун - Хемчикском -62 %; в Сонском - 42,8 %). Значительное снижение показателей качества семян в 1987 г. связано, с нашей точки зрения, с резким увеличением температуры мая и августа (самые теплые май и август за исследуемый период).

Другой критической датой в формировании семян является август месяц. Расчет корреляции подтверждает ранее высказанную гипотезу об отрицательном влиянии повышения температуры выше оптимальных значений. Так если в «холодный» период установлена положительная корреляция между средней температурой августа и всхожестью семян (в Сонском 0,45 %; в Саралинском 0,78 %), то в «теплый» период знак корреляции меняется на противоположный (соответственно -0,74 и -0,52). Аналогичные зависимости проявляются и при оценке энергии прорастания. Данные по Барун - Хемчикскому лесхозу только подтверждает данные закономерности. За исследуемый период самый теплый август отмечается именно в этом лесхозе (средняя температура на 4 % больше чем в Сонском и 7 % чем в Саралинском; максимальная среднемесячная соответственно на 13 и 15%). Этим видимо и объясняется отрицательная корреляция посевных качеств семян с температурой августа как в «теплый» (по всхожести -0,64; по энергии прорастания -0,51), так в «холодный» период (соответственно -0,34 и -0,28). Увеличение тесноты отрицательной связи

только подтверждает отрицательное влияние высоких среднемесячных температур.

Влияние среднемесячного количества осадков на посевные качества семян оценивается весьма противоречиво. С нашей точки зрения, в отличие от динамики температурных показателей, количество выпадающих осадков их кратность даже в пределах небольшого района может быть абсолютно различной. Этот факт в полной мере доказан отсутствием какой-либо связи между многолетними данными по количеству осадков, фиксируемых на метеостанциях "Тэли", "Шира ж/д ст." и "Ненастная". Следовательно, установить какие-либо закономерности невозможно в связи с отсутствием близко сопряженных на местности данных, а не с отсутствием закономерностей как таковых. Кроме всего прочего лиственница сибирская - порода исключительно устойчивая к засухе. Поэтому имеющееся количество осадков за вегетационный период (178-384 мм) не является лимитирующим фактором при созревании семян.

Совокупность экологических факторов, определяющих ход естественного возобновления лиственницы сибирской в южной части Средней Сибири представлена в виде схемы на рисунке 4.

Выводы

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1) С 1936 по 2002 гг. наблюдается постепенное увеличение среднемесячных температур вегетационного периода и сумм среднесуточных температур выше +5°C за год. Более резкое потепление отмечается в Республике Тыва с 1976 года по настоящее время.

2) На протяжении исследуемого периода наблюдается снижение посевных качеств семян (энергии прорастания и всхожести). Более интенсивно этот процесс протекает в насаждениях Барун-Хемчикского лесхоза, менее интенсивно - в насаждениях Сонского и Саралинского лесхозов.

3) Показатель энергии прорастания семян лиственницы сибирской по сравнению со всхожестью является более "чувствительным" к изменению внешних факторов, в частности к изменению климата.

4) Отмечается значительная и тесная корреляционная зависимость между энергией прорастания и всхожестью семян лиственницы. В то же время в образцах Барун-Хемчикского лесхоза 1976-2000 гг. эта связь менее выражена, так как энергия прорастания снижается интенсивнее всхожести.

5) На протяжении всего исследуемого периода увеличивается коэффициент вариации показателей энергии прорастания и всхожести в пределах одного года. Характеризуя изменчивость признака, коэффициент вариации подтверждает снижение устойчивости древостоев лиственницы сибирской и, как следствие, снижение показателей качества посевного материала.

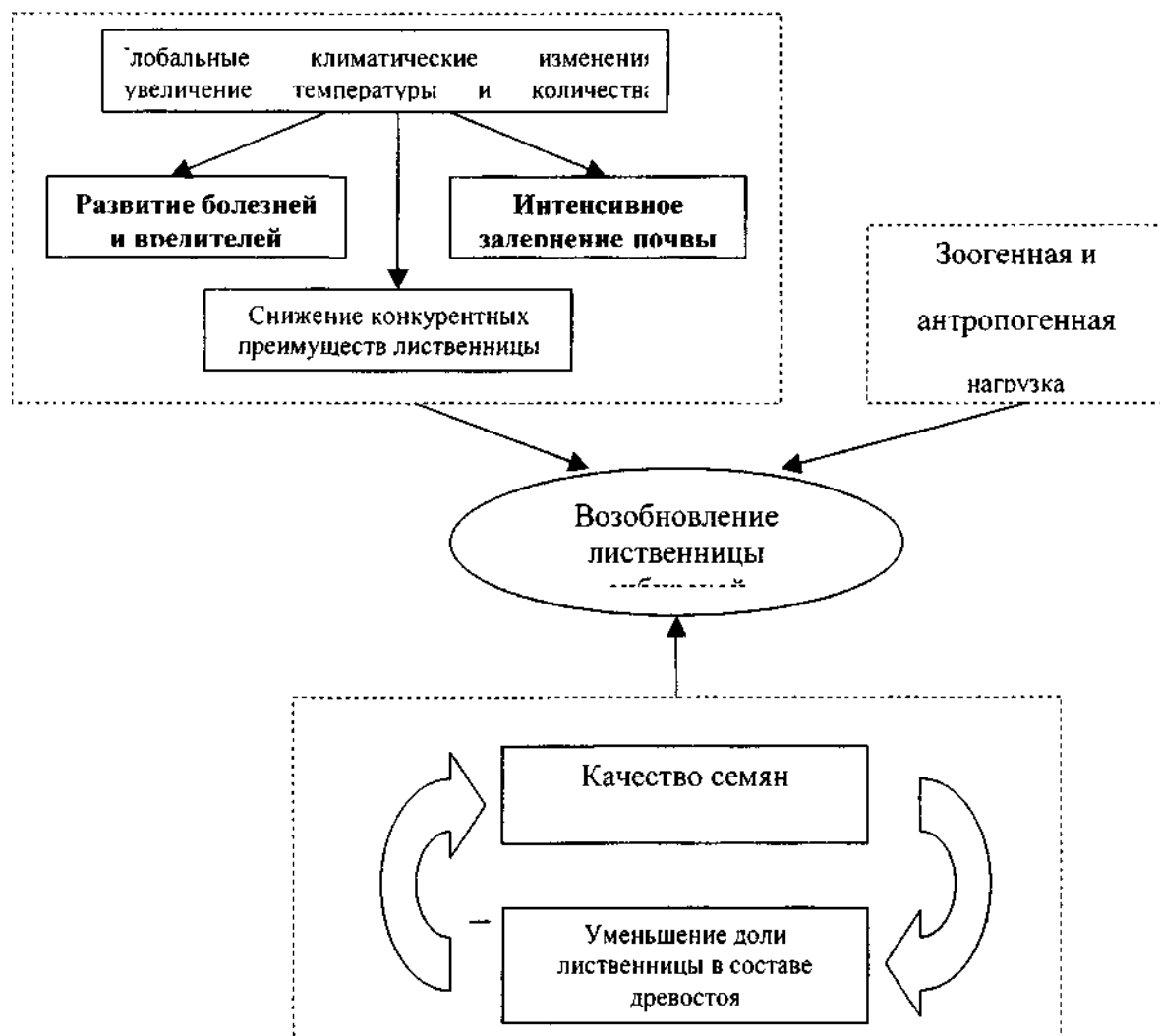


Рисунок 4 - Факторы, влияющие на возобновление лиственницы сибирской

6) Выявлена положительная корреляция энергии прорастания и всхожести с температурами мая в период медленного роста температур (с 1958 по 1976 г.) и отрицательная в период интенсивного глобального потепления (с 1976 по настоящее время). Температура августа также в значительной степени влияет на качество семян. Это подчеркивает важность именно температур мая и августа для физиологических процессов формирования и созревания семян.

7) Не установлено закономерного влияния количества осадков за вегетационный период на посевные качества семян.

8) Причина отрицательной реакции на повышение температуры заключается, с нашей точки зрения, в том, что пыльца рано тронувшиеся в рост лиственниц повреждается заморозками. Другой причиной может быть активизация лесных насекомых и патогенов семян.

Библиографический список

1. Авров Д.Д. Экология и селекция лиственницы // Проблемы региональной экологии.

Выпуск 7.-Томск: Спектр ИОА СО РАН, 1996.- 213 с.

2. Богоявленский В.И. Лесовозобновление в горных лиственничных лесах // Лиственница сибирская. - Красноярск, 1940. - С. 5-23. (Сб. трудов СибНИИЛХЭ).

3. Буторова О.Ф. Всхожесть семян лиственницы различного географического происхождения // Лиственница. Проблемы комплексной переработки. - Красноярск: КПИ, 1986.-С. 35-40.

4. Верховцев Е.П. Сроки созревания и сбора шишек и семян лиственницы сибирской // Сборник № 1. - Красноярск: СИБНИИЛХ, 1936.- С. 3-9.

5. Второе национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 рамочной конвенции Организации Объединенных наций об изменении климата. - М.: Межведомственная комиссия РФ по проблемам изменения климата. - 1998.-119 с.

6. Каппер В.Г. Лесосеменное дело. - Л.: Гослестехиздат, 1936. - 133 с.

7. Лашинский Н.Н. Возобновление лиственницы сибирской в горных лесах Алтая // Труды по лесному хозяйству. - Новосибирск: НТОЛеспром, 1958. - С. 361-377.

8. Поварницын В.А. Типы лесов лиственницы сибирской СССР //Сб. трудов СибЛТИ. - Красноярск, 1940. - С. 25-37.

9. Попов П.П. О показателях дружности прорастания лесных семян в лабораторных условиях // Лесное хозяйство. - 2001. - №6. - С. 28-29.

10. Специальный доклад МГЭИК. Последствия изменения климата для регионов: оценка уязвимости. МГЭИК. - 1997. - 34 с.

11. Уткин А.И. Возобновительные стратегии основных древесных пород России и лесообразовательный процесс // Леса и лесообразовательный процесс на Дальнем Востоке: Материалы междунар. конф. Владивосток: ДВО РАН и др., 1999. - С. 69-72.

12. Уткин А.И., Замолотчиков Д.Г., Честных О.В., Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Леса России как резервуар органического углерода биосферы //Лесоведение. 2001. № 5. - С. 8-23.

13. WMO statement of the status of the global climate in 2000 // WMO. - 2000. - № 657. - P. 12.

Поступило в Редакцию 15 июня 2003 г.