

## ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ СЕМЯН ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Н.В. Белова<sup>1</sup>, Е.В. Бажина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Красноярский филиал ФГУ ВНИИ карантина растений

<sup>2</sup>Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН  
660036 Красноярск, Академгородок 50; e-mail: [genetics@ksc.krasn.ru](mailto:genetics@ksc.krasn.ru)

Исследовались качественные и посевные показатели семян пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), одного из основных лесообразующих хвойных видов Сибири, в связи с их происхождением по высотным поясам в лесных экосистемах Восточного Саяна. Динамика прорастания семян, собранных в различных типах леса, различается и зависит от условий их созревания. Жизнеспособность семян ухудшается с увеличением высоты над уровнем моря. Наиболее высококачественные семена формируются в оптимальных условиях произрастания пихты – в долинах рек. В благоприятных условиях жизнеспособность семян сильно снижается вследствие повреждения пихтовым семяежом (*Megastigmus specularis* Walley).

Quality of fir (*Abies sibirica* Ledeb.) seeds one of the forest forming Siberian species in the forest ecosystems of East Sayan Mountains has been studied. Dynamic of seed out collected in different ecosystems depends on environmental conditions. Viability of seeds is decreased with increasing of altitude. The seeds of high quality are formed in optimal conditions in valleys of rivers. In the favourable conditions seed viability decreased for damage of seedworm (*Megastigmus specularis* Walley).

### ВВЕДЕНИЕ

Пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) является одним из основных лесообразующих хвойных видов лесных экосистем гор Южной Сибири. Пихтовые леса занимают 28,5% лесопокрытой площади во влажных районах Алтае-Саянской лесорастительной области (Поликарпов и др., 1986). К ней относятся черневые пихтово-осиновые леса и черневая тайга низко- и среднегорья Восточного Саяна (200 – 800 м над ур. м.).

Возобновление пихты сибирской в горах Южной Сибири зачастую сопряжено с трудностями, обусловленными ее биологическими особенностями и современным усыханием (Tret'yakova, Vazhina, 2000, Бажина, Третьякова, 2001). Зона массового усыхания горных пихтовых лесов в горах находится на высоте 700 м над уровнем моря и выше, т.е. фактически совпадает с границами избыточно влажного пихтово-кедрового таежного ВПК. Таксационный анализ показал, что ухудшение состояния древостоев не связано со старением, так как максимальное угнетение испытывают наиболее продуктивные средневозрастные древостои (Карбаинов, 1993). Репродуктивный потенциал пихты в нарушенных лесных экосистемах падает (Tret'yakova, Vazhina, 2000). При этом установлено, что во всех условиях произрастания семенная продуктивность макростробилов пихты высокая, но качество продуцируемых семян низкое (Третьякова, Бажина, 1996). Однако биология семян пихты, формирующихся в естественных насаждениях Сибири, практически не изучена.

Целью настоящего исследования является изучение качественных и посевных показателей семян в связи с их происхождением по высотным поясам в лесных экосистемах Восточного Саяна.

\*Работа выполнена при финансовой поддержке ККФН-РФФИ, грант «Енисей-2007» № 07-04-96810.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Семена пихты сибирской были собраны в лесных экосистемах Восточного Саяна, на пяти пробных площадях (п/п), расположенных на территории заповедника «Столбы» (таблица 1). П/п №№ 1-3 расположены в среднегорном поясе, охватывающем основной водораздел рек Базаиха - Мана, с отметками высот 600-850 м над ур.м., п/п 4 и 5 – в низкогорном поясе, в высотных пределах 250-520 м над ур.м (Буторина, 1961).

Проращивание семян проводили по общепринятой методике на трехслойной фильтровальной бумаге по 100-130 штук в чашках Петри при температуре 26°C (ГОСТ 13056.6 - 68). Качество семян пихты сибирской из различных высотных поясов Восточного Саяна оценили по данным проращивания (2500шт.) и рентгенографического анализа (5000шт.) (Щербакова, 1965). Для оценки посевных признаков у семян определяли всхожесть, абсолютную всхожесть, сроки, энергию, скорость и динамику прорастания. Энергия прорастания и всхожесть семян приводятся по ГОСТу (ГОСТ 13056.6 - 68). В характеристике семян нами добавлена категория – потенциально полноценных семян. Это сумма семян с эндоспермом и зародышем (проросшие) и семян, съеденных личинками семяеда.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### Качественные показатели семян пихты сибирской

Непременным условием успешного лесовосстановления является наличие в насаждениях достаточного количества полноценных семян. Результаты проращивания и рентгенографического анализа семян пихты показали, что их качественные характеристики сильно различаются в зависимости от происхождения. Количество полнозернистых, засе-

ленных насекомыми и нежизнеспособных семян характеризуются повышенным и очень высоким уровнем изменчивости как между популяциями пихты, так и в пределах отдельных пробных площадей (таблица 2).

В пределах среднегорья Восточного Саяна мик-

роклиматические условия произрастания пихты разнообразны, что связано с высотной поясностью. Однако, несмотря на эти различия, качество семян пихты относительно низкое, полнозернистость их варьирует от 14,7 до 34,8% на различных пробных площадях.

**Таблица 1 - Характеристика пробных площадей и образцов**

№ п/п	Место сбора образцов	Высота над уровнем моря, м	Тип леса	Обследовано, шт.	
				шишек	семян
1	Хребет Кайдынский, северный склон	800 - 830	Пихтарник разнотравный	157	628
2	Верховья р. Калтат, северо-западный склон	640-680	Пихтарник зеленомошно-осочковый	95	928
3	Верховья р. Калтат, юго-западный склон	640 - 680	Пихтарник разнотравно-зеленомошно-вейниковый	105	950
4	Долина р. Лалетина	500 - 520	Пихтарник разнотравный	222	4272
5	Долина р. Б. Сынжул	450 - 500	Пихтарник крупнотравный	115	722

**Таблица 2 - Качество семян пихты сибирской в горах Восточного Саяна**

Место сбора	Полнозернистые	Недоразвитый зародыш	Пустые и без зародыша	Заселенные <i>Megastigmus specularis</i>	Потенциально полнозернистые
№ 1	34.4±11.7	5.0±1.5	35.4±15.2	25.2± 6.3	59.6±15.6
	68.2	59.7	85.9	49.8	52.3
№ 2	34.8± 8.5	8.5±3.1	24.8± 6.7	31.9± 8.9	66.7± 9.6
	69.1	104.1	76.8	78.6	40.8
№ 3	14.7± 2.9	0.7±0.5	16.7± 2.8	67.9± 5.6	82.6± 3.2
	62.5	217.5	52.4	26.2	12.4
№ 4	27.8± 9.3	0.9±0.3	27.1± 5.9	44.2±14.3	72.0± 6.1
	66.7	81.8	43.7	64.9	17.0
№ 5	27.6± 9.6	0.8±0.4	20.3± 4.0	51.3±14.0	78.9± 4.4
	69.4	125.9	39.5	54.6	11.3

Примечание: в числителе – средние значения, в знаменателе – коэффициент вариации.

Наиболее изменчивой категорией является число семян с эндоспермом, но без нормального зародыша (коэффициент вариации - 59,7-217,5%). Наименьшее число таких семян (0,7 – 0,9 %) было обнаружено в низкогорном поясе, с увеличением высоты местности число семян с недоразвитым зародышем увеличивалось в 9-12 раз. В целом, можно отметить, что в пределах высот от 450 до 830 м над ур. м. в насаждениях пихты семян с недоразвитым зародышем встречается мало (0,7-8,5%).

Среди нежизнеспособных семян значительное количество (до 35,4 %) составляли пустые семена. Самое большее количество таких семян было обнаружено на высотах 800-830 м у.м., по мере уменьшения высоты местности число их сокращается. Образованию пустых семян (партеноспермия) у хвойных деревьев способствует низкая температура воздуха во время созревания пыльцы, смыв пыльцы дождями в период пыления, а также низкое ее качество вследствие техногенного загрязнения окружающей среды (Третьякова, Бажина, 1994, 1999).

Существенным фактором, уменьшающим число жизнеспособных семян пихты в горах Восточного Саяна, является специализированный пихтовый семяед - *Megastigmus specularis* Walley (*Hymenoptera, Torymidae*), который в различных типах леса уничтожает от 25,2 до 67,9% семян на пробной площади. Максимальное повреждение семян наезд-

ником-хальцидом наблюдается в долинах рек (п/п №№ 4,5). С поднятием в горы его роль в повреждении семян значительно уменьшается, что вероятно обусловлено отсутствием кормовой базы (пустые семена). Ранее было показано (Бажина, Белова, 2003), что численность семяеда зависит от количества полнозернистых семян в насаждении (рисунок 1). Если бы не было изъятия семян мегастигмусом, то на фоне других экологических факторов доля жизнеспособных семян пихты п/п №4 и №5 могла бы составлять 70,4-81,1%, а на высотах выше 640 м над уровнем моря (п/п №№ 1-3) - от 41,1% до 78,1%.

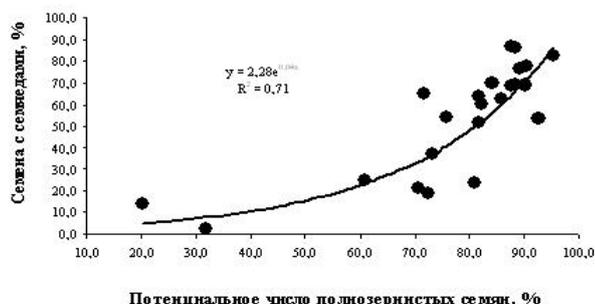
#### Посевные показатели семян пихты сибирской

Наилучшими посевными показателями семян характеризуются ценопопуляции пихты, произрастающие в долинах рек (таблица 3). У семян, собранных в насаждениях, растущих в среднегорном поясе (п/п № 1) посевные показатели снижаются в 1,5-8,7 раз, а их энергия прорастания равна нулю.

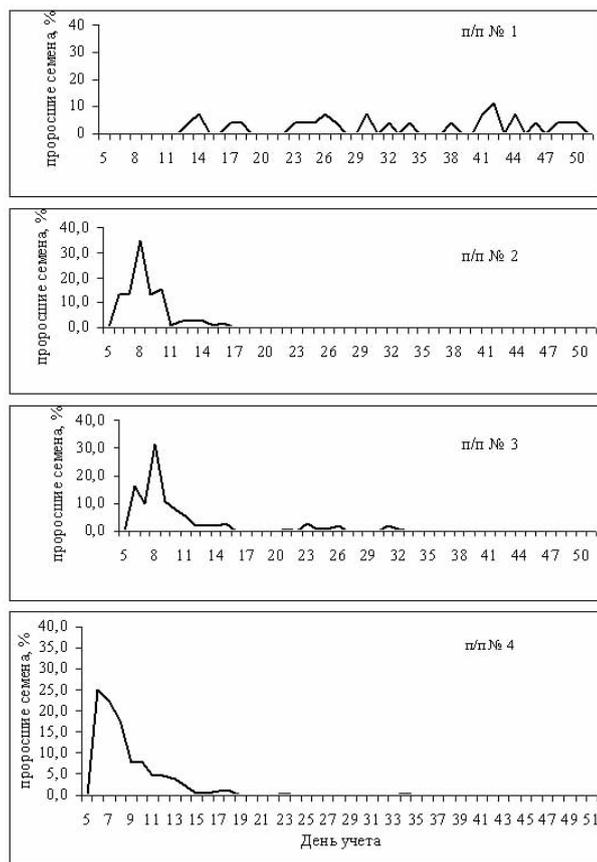
Семена с пробных площадей №№ 2-4 прорастают относительно дружно – в течение трех суток - 61,0%, 57,6% и 65,1% семян, а уже на 5 - 6 сутки прорастает большинство семян – 89,4%, 76,5% и 80,7%, соответственно (рисунок 2). Интересно отметить, что начало прорастания семян, собранных на п/п 2-4 совпадают – 6 день после замачивания. Наиболее дружно прорастают семена, собранные на п/п № 4. Многовершинность кривой динамики

**Таблица 3 - Параметры всхожести семян пихты**

№ п/п	Начало прорастания, день с момента замачивания	ГОСТ 13056.6-68	
		энергия прорастания	всхожесть, %
1	13	0	3,8±1,9
2	6	33,4±10,3	52,7±1,2
3	6	24,6±5,4	38,8±2,7
4	6	11,0±1,9	16,9±1,6



**Рисунок 1 - Зависимость между повреждением семян семяедами и их полнозернистостью**



**Рисунок 2 - Динамика прорастания семян пихты (% от проросших семян в выборке) из различных мест заповедника «Столбы»: п/п № 1 – хр. Кайдынский; п/п № 2 – северо-западный склон к р. Калтат; п/п № 3 – юго-западный склон к р. Калтат; п/п № 4 – долина р. Лалетина**

прорастания, очевидно, свидетельствуют о разнокачественности семян у деревьев внутри популяции. Возможно, эти различия позволяют выживать части проростков при любых флуктуациях погоды в нача-

ле вегетационного периода. Характер кривых динамики прорастания семян в верховьях р. Калтат показывает, что семена с юго-западного склона (п/п № 3) прорастают более дружно, чем с северо-западного (п/п № 2), что может быть обусловлено несколько более благоприятными экологическими условиями их развития. Прорастание семян собранных с п/п № 1 неравномерно, период их прорастания сильно растянут и запаздывает примерно на неделю по сравнению с низкогорными семенами.

Объективно оценивать разные партии позволяет анализ «чистых» (без учета зараженных семяедами) семян. Установлено, что у «чистых» семян показатели всхожести и энергии прорастания, сформировавшихся на п/п №№ 1-3 выше в 1,09-1,9 раз, а на п/п № 4 - в 2,1-2,8 раз. Очевидно, что повышенная зараженность личинками *M. specularis* в оптимальных условиях произрастания приводит к резкому снижению качественных показателей семян пихты сибирской.

Таким образом, по улучшению показателей жизнеспособности партии семян выстраиваются в соответствии с уменьшением абсолютной высоты местности. Установлено, что чем раньше и дружнее прорастают семена с начала появления проростков, тем короче период прорастания семян в образце. В ценопопуляциях пихты наблюдается различие между особями в динамике и продолжительности периода прорастания семян. В связи с полученными данными, представляется целесообразным для лесовосстановления собирать семена в более благоприятных условиях семеношения, но с деревьев, у которых семена имеют сроки прорастания, подходящие для условий данного высотного пояса.

Большое количество пустых семян в урожаях характерно для пихты сибирской (Плаксина, 1968, Ахметов, 1968, Киргизов, Эдомский, 1973, Некрасова, Рябинков, 1978, Бажина и др., 2006). По мнению авторов, основными причинами этого являются недопыленность семян и повреждение их энтомофагами. Лесовосстановление хвойных пород в горах Сибири, помимо наличия жизнеспособных семян, лимитируется условиями их прорастания и последующего развития самосева (Поликарпов и др., 1986). Различия в микроклиматических условиях в горах весьма существенны: на хребтах они более суровы, чем ниже на склонах и тем более в долинах ручьев и рек (Буторина, 1961). Очевидно, микроклиматические условия имеют большое значение для формирования семян пихты и их посевных качеств.

В последние годы, помимо климатических факторов, на качество семян пихты отрицательное влияние оказывает техногенное загрязнение атмосферы (Третьякова, Бажина, 1996; Бажина, 1998). В Восточном Саяне, что на большей части территории заповедника содержание токсичных веществ в раз-

личных компонентах среды пока мало отличается от фоновых показателей (Летопись природы..., 1998; Государственный доклад, 2003; Коловский, Бучельников, 2005). Лишь участки, граничащие с городом, а также вершины гор и перевалов отличаются повышенным уровнем загрязнения. Жизнеспособность пыльцы пихты в этих условиях значительно снижается (Бажина, 2001). Вероятно, это обуславливает относительно высокое содержание пустых семян на п/п № 5, расположенной в непосредственной близости от г. Красноярска, хотя микроклиматические условия здесь благоприятны для нормального формирования и созревания семян пихты.

Роль биотических факторов в формировании урожая семян пихты также весьма существенна. В оптимальных климатических условиях (абсолютные отметки до 450-550 м) фактором, контролирующим возобновление, с нашей точки зрения, может являться наездник-хальцид *M. specularis*.

## ВЫВОДЫ

1. Качество характеристики прорастания семян ухудшаются с высотой над уровнем моря. Наиболее высококачественные семена формируются в оптимальных условиях произрастания пихты – в долинах рек.

2. Естественным фактором, существенно снижающим количество полноценных семян пихты в условиях благоприятных для семяношения пихты, является пихтовый семяед (*Megastigmus specularis* Walley.).

3. Отбор семян для проведения генетико-селекционных работ в нарушенных лесных экосистемах следует вести на индивидуальном уровне.

Авторы выражают искреннюю благодарность директору заповедника "Столбы" А.В. Кнорре за предоставленную возможность проводить исследования и д-ру А. Roques (Франция) за помощь в определении насекомых-семяеда.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ахметов, М.А. Плодоношение пихты сибирской и ели тянь-шанской в Джунгарском Алатау / М.А. Ахметов // Тр. Каз. с.-х. ин-та. – 1968. - Вып.11. - С.211-218.
- Бажина, Е.В. Биомаркеры нарушения гомеостаза деревьев пихты сибирской, произрастающих на территории заповедника «Столбы» / Е.В. Бажина // Матлы X между. Симпозиума «Концепция гомеостаза: теоретические, экспериментальные и прикладные аспекты». - Новосибирск: Наука, 2001. - с. 20-23.
- Бажина, Е.В. Семенная продуктивность макростробила и качество семян пихты сибирской в зоне влияния Байкальского целлюлозно-бумажного комбината / Е.В. Бажина // Лесоведение. - 1998. - №2. - С. 10-15.
- Бажина, Е.В. Об оценке хозяйственной значимости насекомых семяеда пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) в Среднегорье Восточного Саяна / Е.В. Бажина, Н.В. Белова // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: материалы конференции (17-19 сентября 2003 г.). - Томск, 2003. - С. 228-233.
- Бажина, Е.В. Состояние репродуктивного процесса у пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах гор Южной Сибири / Е.В. Бажина, О.И. Дворецкая, И.Н. Третьякова // Лесные экосистемы северо-восточной Азии и их динамика. Матер. Межд. конф. - Владивосток: Дальнаука, 2006. - С. 267-269.
- Бажина, Е.В. К проблеме усыхания пихтовых лесов. / Е.В. Бажина, И.Н. Третьякова // Успехи современной биологии. - Т. 2001. - С. 626-631.
- Белецкий, И.Б. О посевных качествах семян сосны на Кольском полуострове / И.Б. Белецкий // Лесное хозяйство. -1965. - № 2. – С. 29-32.
- Березин, Э.Л. Плодоношение пихты сибирской в лесах Лениногорского лесхоза Восточно-Казахстанской области / Э.Л. Березин // Изв. вуз. Лесн. Журн. – 1962. - №2. – С. 164-167.
- ГОСТ 13056.6 – 68. Семена древесных и кустарниковых пород. Методы определения всхожести. - М.: Государственный стандарт СССР. - 19 с.
- Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Красноярского края в 2001г. - М.: НИИ-Природа, 2003.
- Карбаинов, Ю.М. Экологические последствия катастрофических нарушений в темнохвойных лесах Байкальского заповедника: автореф. дисс...канд. биол. Наук. П.00.П. / Ю.М. Карбаинов. - М.: ИЭМЭЖ им. А.Н. Северцова, 1993. - 79 с.
- Киргизов, Н.Я. Семяношение пихты на Рудном Алтае / Н.Я. Киргизов, О.И. Эдомский // Половая репродукция хвойных. – Новосибирск, 1973. – Т.2.- С. 154-156.
- Князев, В.П. Изменчивость морфологических признаков шишек и семян деревьев сосны обыкновенной, выросшей в однородных природных условиях, в связи с посевными качествами семян: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук / В.П. Князев. - М.: Ин-т леса АН СССР, 1965. – 21с.
- Коловский, Р.А. Анализ элементного состава эпифитных лишайников в заповеднике "Столбы" / Р.А. Коловский, М.А. Бучельников // Материалы Всерос. Науч.-практ. Конфер., посвященной 80-летию госзаповедника "Столбы": "Многолетние наблюдения в ООПТ. История. Современное состояние. Перспективы". - Красноярск, 2005. - С. 19-26.
- Некрасова, Т.П. Плодоношение пихты сибирской [Текст] / Т.П. Некрасова, А.П. Рябинков – Новосибирск: Наука. – Сиб. отд-ние, 1978. - 150 с.
- Плаксина, С.Д. Влияние самоопыления на качество семян пихты сибирской / С.Д. Плаксина // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол.- мед. наук, 1968. - №10. - вып.2. - С.74-77.
- Поликарпов, Н.И. Климат и горные леса Южной Сибири [Текст] / Н.И. Поликарпов, Н.М. Чебакова, Д.И. Назимова. - Новосибирск: Наука. - 1986. - 226 с.
- Посевные качества семян древесных и кустарниковых пород. – М.: Из-во стандартов, 1971. – 47 с.
- Третьякова, И.Н. Жизнеспособность пыльцы пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах гор Южной Сибири / И.Н. Третьякова, Е.В. Бажина // Экология. - 1994. - №6. - С. 20-28.
- Третьякова, И.Н. Качество пыльцы пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах озера Байкал / И.Н.Третьякова, Е.В. Бажина // Лесоведение. - 1999. - №4. - С. 30-38.
- Щербакова, М.А. Определение качества семян хвойных пород рентгенографическим методом [Текст] / М.А. Щербакова. - Красноярск. - 1965. - 35 с.