

А.А. Котов, М.А. Лавренов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ФЛОТАЦИИ СЕМЯН ОСНОВНЫХ ХВОЙНЫХ ПОРОД РОССИИ

Введение. Актуальность темы обусловлена тем, что хвойным древесным породам, таким как лиственница сибирская, сосна обыкновенная и ель европейская, свойственно производить пустые семена в шишках в больших количествах [Ковылина и др., 2008; Зеленьяк, Иозус, 2012; Avsar, 2010]. Это обстоятельство требует проведения некоторой обработки для разделения полнозернистых и пустых семян перед дальнейшим их посевом.

При правильном подборе жидкости метод флотации может стать эффективным для сортировки семян по указанному выше признаку. В основе данного метода лежит тот факт, что плотность полнозернистых семян растений выше, чем пустых.

Исследование качества семян хвойных лесообразующих пород России необходимо для повышения эффективности воспроизводства лесов. При этом в научной литературе приводится крайне мало данных об обработке семян методом флотации.

Изучение свойств семян различных видов лиственниц, таких как лиственницы сибирская, европейская и даурская, может дать интересные результаты, важные для практических интродукционных целей.

Целью работы являлся поиск эффективных жидкостей для проведения флотации семян основных хвойных лесообразующих пород России: сосны обыкновенной, ели европейской, а также различных видов рода лиственница.

Лиственница в нашей работе представлена несколькими видами, так как она является самой распространенной породой России. Здесь естественно произрастает 8 видов лиственниц [Биоразнообразие..., 2010]. Объектами исследования являются лиственницы сибирская, даурская и европейская.

Перед нами стояла задача выбрать вид жидкости, найти оптимальные концентрацию её раствора и время замачивания семян для каждого исследуемого вида.

Н.Н. Васильева с соавторами [2023], используя для флотации семян сосны и ели воду, солевой раствор и спирт, отметила преимущество спирта при проведении флотации семян ели, однако для сосны наилучшим раствором оказалась вода. Хорошее разделение семян на пустые и полнозернистые

наблюдалось в 96%-м этаноле у сосны черной и сосны голой [Barnett, 1970], но флотация в 95%-м этаноле не дала хороших результатов у лиственницы американской [Eavy, Houseweart, 1987; Avsar, 2010].

Таким образом, следует учитывать различия в биологических особенностях различных древесных пород при выборе жидкости и времени замачивания при проведении флотации. Также в задачи работы входило решение вопроса: «Выявится ли разница в условиях проведения флотации семян среди различных видов одного рода на примере лиственницы?».

Материалы и методика исследования. Различают насыпную ρ_n и истинную плотность семян ρ_n . Насыпная плотность определяется делением массы семян m_c на занимаемый ими объем (V_{cn}):

$$\rho_n = \frac{m_c}{V_{cn}}. \quad (1)$$

При нахождении истинной плотности ρ_n из объема V_{cn} , занимаемого семенами, вычитается объем пустот между ними V_n :

$$\rho_n = \frac{m_c}{V_c}, \quad (2)$$

где

$$V_c = V_{cn} - V_n. \quad (3)$$

Перед проведением опытов по флотации семян исследуемых пород в растворах спиртов необходимо вначале определить истинную плотность этих семян. Она определялась двумя способами.

Первый способ описан выше. Недостатком этого способа является то обстоятельство, что семена впоследствии нуждались в сушке.

Второй способ основывается на первом, но является менее затратным, так как семена в дальнейшем не нужно сушить и для его осуществления требуется меньше времени. Он является, возможно, и немного менее точным, так как здесь применяется гипотеза, что доля пустот между семенами η конкретной породы есть величина постоянная:

$$\eta = \frac{V_n}{V_{cn}}. \quad (4)$$

Тогда

$$\rho_n = \frac{\rho_n}{1 - \eta}. \quad (5)$$

Эту формулу можно немного упростить, если ввести коэффициент пересчета k :

$$k = \frac{\rho_n}{\rho_n} = \frac{1}{1 - \eta}. \quad (6)$$

Отсюда $\rho_n = k\rho_n$.

Таким образом, при втором способе сначала находится насыпная плотность партии семян, а затем она пересчитывается в истинную плотность [Свиридов, 2012].

Задача определения доли пустот для сфер была решена еще Гауссом. Гаусс доказал, что самая высокая плотность упаковки в трёхмерном пространстве, которая может быть достигнута простой регулярной упаковкой, равна:

$$\frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0,74048, \quad (7)$$

т. е. $1 - \eta = 0,74048$. Тогда $\eta = 0,25952$.

Для семян хвойных пород, отличающихся друг от друга по размеру и по форме и не являющихся идеальными геометрическими телами, определение плотности упаковки, а, следовательно, доли пустот возможно с некоторой погрешностью.

Данные опытов по определению плотности представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты определения плотности семян

Results of seed density determination

Порода	Насыпная плотность ρ_n , г/см ³	Доля пустот η	Коэффициент пересчета k	Истинная плотность ρ_n , г/см ³	
Лиственница даурская	0,41	0,5341*	2,1463	0,88	
Лиственница сибирская	семена 2023 г.	0,60	0,3420	1,5197	0,91
	семена 2024 г.	0,41	0,3800*	1,6129	0,66
Лиственница европейская	0,36	0,5279*	2,1183	0,76	
Ель европейская	семена 2023 г.	0,54	0,4255	1,7407	0,94
	семена 2024 г.	0,59	0,4255	1,7407	1,03
Сосна обыкновенная	семена 2023 г.	0,44	0,4319	1,7603	0,77
	семена 2024 г.	0,51	0,4319	1,7603	0,90

Примечание: * – семена были хуже обескрылены и очищены от примесей, что не является критичным фактором для обеспечения методической корректности исследований

При анализе табл. 1 видим, что ρ_n семян лиственницы сибирской 2024 г. значительно ниже, чем в 2023 г. Это может быть объяснено худшим обескрыливанием и очисткой от примесей, а также большей долей пустых семян. Очевидно, что для семян лиственниц даурской и европейской справедливо такое же утверждение. Семена ели европейской и сосны обыкновенной 2024 г., наоборот, более тяжелые по сравнению с 2023 г. из-за повышенной влажности.

На первом этапе исследований было установлено, что для разделения семян лиственницы сибирской по плотности необходимо применять растворы этилового и изопропилового спиртов с концентрацией большей 43%. Дистиллированная вода не показала себя эффективной жидкостью для этих целей [Лавренов и др., 2024].

Количество затонувших семян необходимо определять через 15, 30, 45 и 60 мин после начала замачивания. Во всех случаях использовалось по 100 семян каждого вида при замачивании в растворах.

Для приготовления растворов спиртов нами подготовлена вспомогательная табл. 2.

Таблица 2

Вспомогательная таблица для приготовления растворов спиртов

Auxiliary table for the preparation of alcohol solutions

Этиловый спирт			Изопропиловый спирт		
<i>K</i> , %	спирт – 96%, % об.	дистиллированная вода, % об.	<i>K</i> , %	спирт – 99,7%, % об.	дистиллированная вода, % об.
65	66,6	33,4	60	59,3	40,7
75	77,2	22,8	75	74,1	25,9
85	88,3	11,7	90	88,9	11,1

Примечание: *K* – объемная концентрация спирта в растворе; % об. – объемная концентрация жидкости до приготовления раствора

В таблице процентное содержание спиртов и воды указано до их смешивания, т. е. до приготовления растворов. Из-за контракции (потери суммарного объема двух жидкостей при их смешивании) общий объем раствора будет меньше суммы исходных объемов спирта и воды.

Результаты исследования. На рис. 1–5 представлены объемные поверхностные диаграммы, представляющие зависимости количества затонувших семян лиственниц сибирской, европейской и даурской, а также ели

европейской и сосны обыкновенной от продолжительности замачивания и концентрации изопропилового спирта. На рис. 6-10 изображены аналогичные диаграммы для семян этих же пород, но при замачивании в этиловом спирте.

Продолжительность замачивания семян ели европейской и сосны обыкновенной в изопропиловом спирте была сокращена с 60 мин до 15 мин, а продолжительность замачивания семян ели европейской в этиловом спирте – с 60 мин до 30 мин, так как за эти временные промежутки практически все семена затонули.

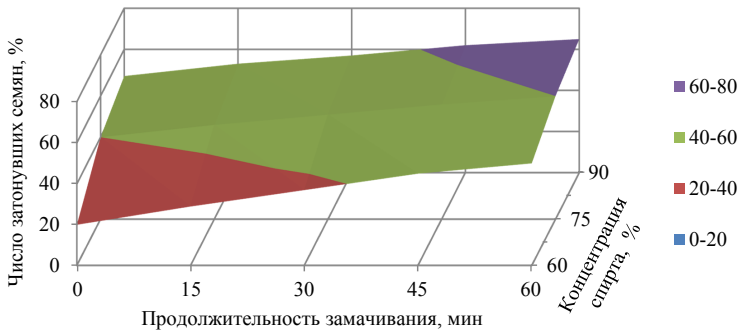


Рис. 1. Флотация семян лиственницы сибирской в изопропиловом спирте
 Fig. 1. Flotation of Siberian larch seeds in isopropyl alcohol

Из рис. 1 видно, что при увеличении времени замачивания до 60 минут включительно продолжалось увеличение числа затонувших семян лиственницы сибирской.

Здесь для обеспечения оптимального режима продолжительность выдерживания семян в 75%-м растворе составляет 30 мин, а в 90%-м – 15 мин.

В 60%-м растворе оптимальные значения по разделению семян наблюдались только при выдерживании в течение 1 часа. Здесь стоит заметить, что в течение этого времени происходило большее набухание семян, что повышает вероятность затопления, в том числе и пустых семян. Изопропиловый спирт данной концентрации не подходит для проведения флотации семян лиственниц.

В 60%-м растворе изопропилового спирта в течение часа затонуло только 40 семян лиственницы европейской, таким образом, этот раствор не показал себя эффективным для использования при флотации.

При использовании 90%-го изопропилового спирта отмечается моментальное 70%-е погружение семян с незначительным увеличением при выдерживании до 60 мин, что указывает на затопление в том числе пустых семян.

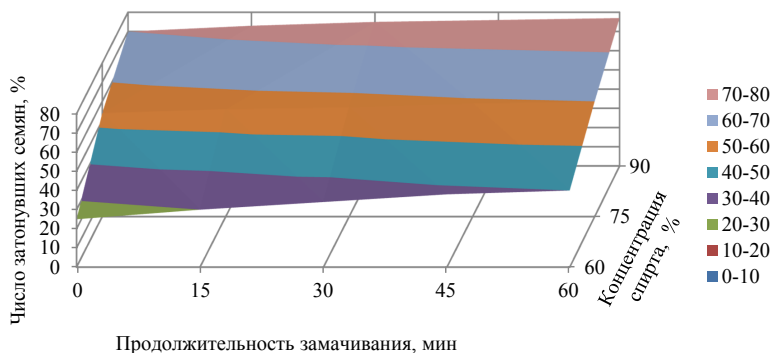


Рис. 2. Флотация семян лиственницы европейской в изопропиловом спирте
 Fig. 2. Flotation of European larch seeds in isopropyl alcohol

При использовании 75%-го раствора в первую минуту затонуло 54% семян с увеличением до 60% в течение часа.

Таким образом, наиболее оптимальным является 75%-й раствор изопропилового спирта, который уже с первой минуты замачивания проявил оптимальное разделение семян на пустые и полнозернистые. В течение следующего получаса, рекомендованного нами для выдерживания семян лиственницы сибирской в данном растворе, затонуло только 3 семени, среди которых 2 оказались пустыми.

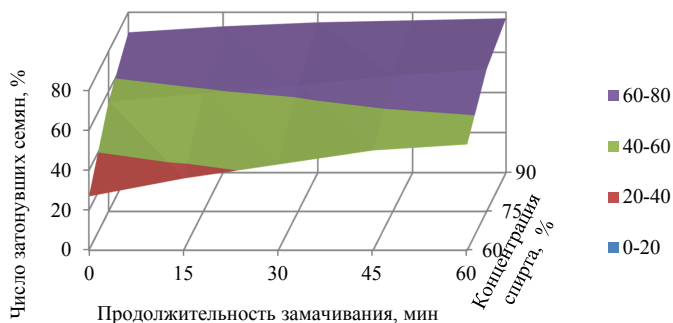


Рис. 3. Флотация семян лиственницы даурской в изопропиловом спирте
 Fig. 3. Flotation of Daurian larch seeds in isopropyl alcohol

При замачивании семян лиственницы даурской в изопропиловом спирте мы наблюдали те же тенденции, что и при замачивании семян лиственницы европейской.

При использовании концентрации спирта в 60% оптимальное разделение на пустые и полнозернистые наблюдалось только по истечении часа.

75%-й раствор изопропилового спирта сразу показал эффективное разделение на пустые и полнозернистые семена.

При использовании 90%-го изопропилового спирта отмечается моментальное 70%-е погружение семян, что указывает на затопление в том числе небольшого количества пустых семян.

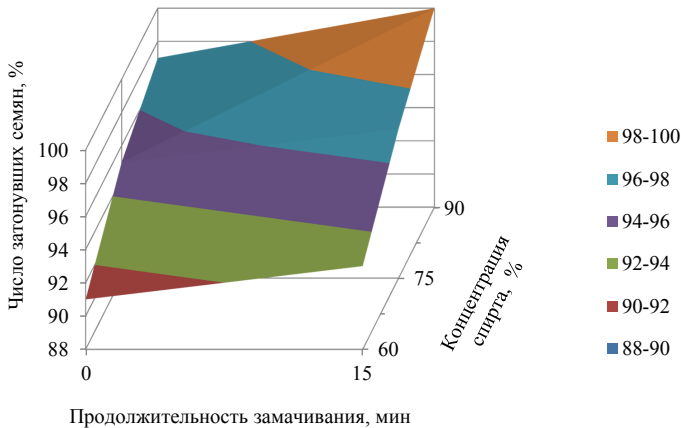


Рис. 4. Флотация семян ели европейской в изопропиловом спирте
 Fig 4. Flotation of European spruce seeds in isopropyl alcohol

Из рис. 4 видно, что при использовании изопропилового спирта в концентрациях 60%, 75% и 90% сразу же затонуло более 90% семян, при этом при повышении концентрации увеличилось количество утонувших семян с 91 до 97%. Спустя 15 минут количество затонувших семян составляло от 93 до 100%. Таким образом, для эффективного проведения флотации необходимо снижать процент концентрации изопропилового спирта. Опыты необходимо продолжить.

Семена сосны обыкновенной в изопропиловом спирте с концентрацией от 60% так же, как и семена ели европейской, затонули сразу в подавляющем количестве. Стоит отметить, что процент затонувших оказался чуть ниже – от 87 до 96%, но данные концентрации также оказались непригодными для эффективного разделения семян на пустые и полнозернистые.

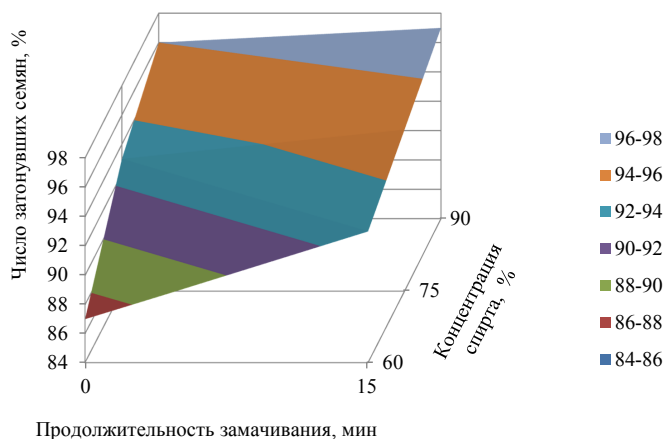


Рис. 5. Флотация семян сосны обыкновенной в изопропиловом спирте
 Fig 5. Flotation of common pine seeds in isopropyl alcohol

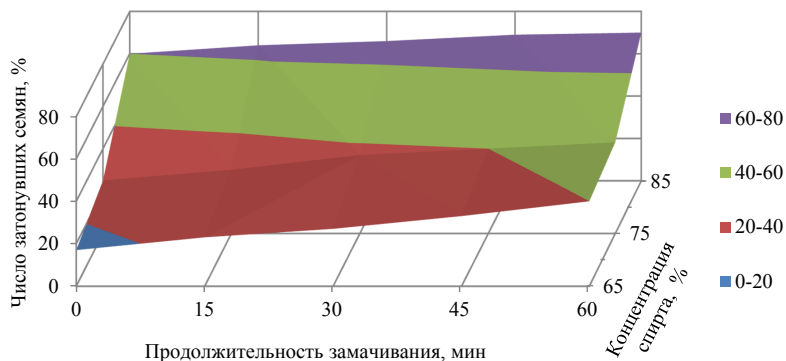


Рис. 6. Флотация семян лиственницы сибирской в этиловом спирте
 Fig. 6. Flotation of Siberian larch seeds in ethyl alcohol

При замачивании семян в этиловом спирте растворы концентрации 65 и 85% оказались неэффективными для разделения семян.

Стоит отметить, что в 75%-м растворе в течение 30 минут затонуло от 25 до 37% семян, а в течение последующего получаса только 6% (итого до 43% семян). Таким образом, опыты подтвердили оптимальное время замачивания, равное 30 мин при концентрации этилового спирта 75%.

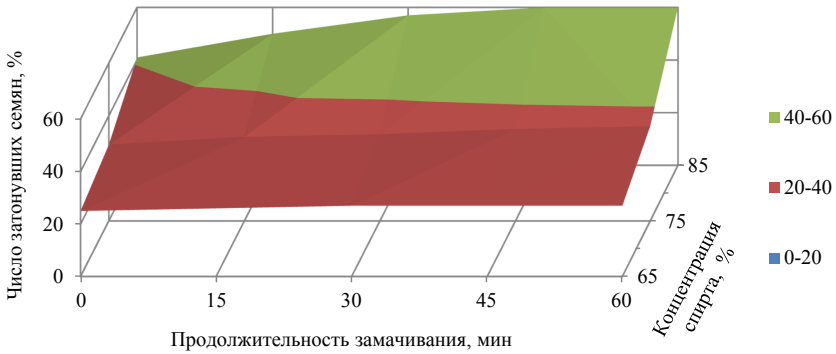


Рис. 7. Флотация семян лиственницы европейской в этиловом спирте
 Fig. 7. Flotation of European larch seeds in ethyl alcohol

При замачивании в 65%-м этиловом спирте в течение часа затонуло только 27% семян, причем основная часть (25%) затонула сразу.

При использовании 75%-го раствора количество затонувших семян увеличилось до 36% (с 29 с первой минуты до 36% по истечении часа).

Лучшее разделение показал 85%-й раствор этилового спирта. При замачивании семян сразу утонуло 41 семя, по истечении часа результат достиг 60 семян. Стоит отметить, что вследствие набухания утонула в том числе и часть пустых семян.

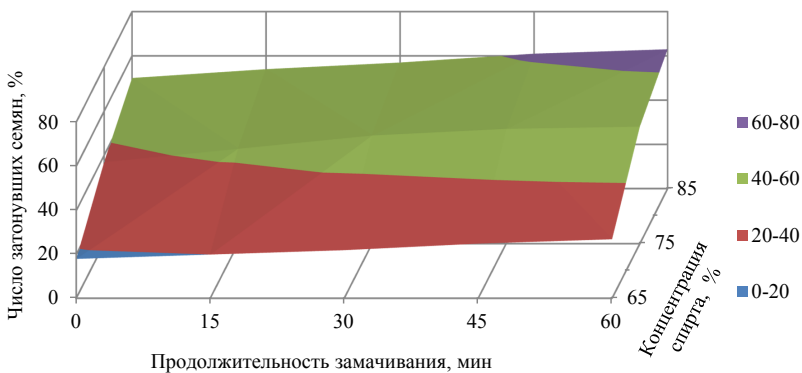


Рис. 8. Флотация семян лиственницы даурской в этиловом спирте
 Fig. 8. Flotation of Daurian larch seeds in ethyl alcohol

Таким образом, 65%-й и 75%-й растворы не подходят для эффективной флотации семян, так как количество полнозернистых семян в контроле составляло 56%. Наилучшим оказался 85%-й раствор, однако при использовании его необходимо выдерживать семена в течение получаса.

65%-й раствор не эффективен для семян лиственницы даурской, затонуло от 18 семян с начало опыта до 27 по истечении часа замачивания.

При использовании 75%-го раствора сразу затонуло 37 семян, что также является недостаточным для эффективного разделения; только по истечении 45 минут произошло нужное разделение семян. Стоит отметить, что при замачивании семян еще в течение 15 минут затонуло только 1 семя.

В 85%-м растворе сразу затонуло 50 семян, а в течение 15 минут эффект оказался близким к идеальному – затонуло 54 семени. В дальнейшем в результате набухания семян затонула в том числе часть пустых семян.

Таким образом, при флотации семян лиственницы даурской подходит 75%-й раствор этилового спирта при выдерживании в течение 45-60 минут либо 85%-й раствор при выдерживании в пределах 15 минут. Чтобы снизить эффект набухания, мы рекомендуем остановиться на замачивании семян в течение 15 минут в 85%-м растворе.

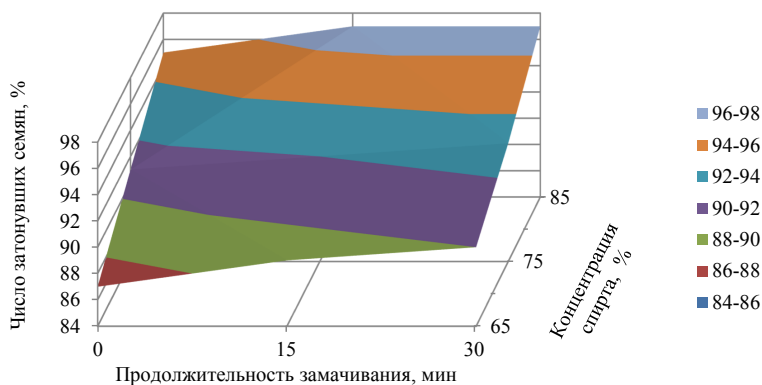


Рис. 9. Флотация семян ели европейской в этиловом спирте
 Fig. 9. Flotation of European spruce seeds in ethyl alcohol

При использовании 65%-го раствора этилового спирта наблюдается мгновенное затопление 87 семян, однако стоит отметить, что процент полнозернистых семян у ели европейской намного выше, чем у всех видов лиственниц, таким образом, данный раствор показал себя близким к идеальному,

однако для повышения точности следует продолжить опыты и использовать растворы в пределах 50-70%.

В 75%-м растворе сразу утонуло 91 семя, что является чуть большим отклонением от нормального распределения семян.

85%-й раствор этилового спирта оказался неэффективным, так как мгновенное затопление семян составило 95%.

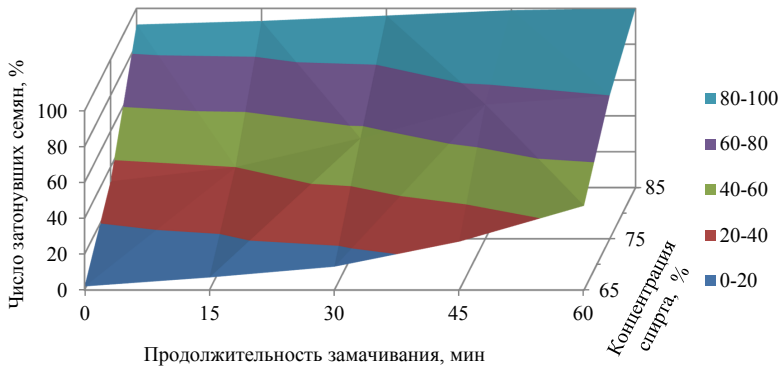


Рис. 10. Флотация семян сосны обыкновенной в этиловом спирте
 Fig. 10. Flotation of common pine seeds in ethyl alcohol

Из рис. 10 видно, что наблюдаются резкие отличия при использовании различных растворов этилового спирта. Так, в 65%-м растворе сразу утонуло только 2 семени. Однако в течение часа это количество увеличивалось до 47. В 75%-м растворе сразу утонуло 32 семени, затем количество увеличилось до 80, что показывает высокую вариацию. При 85%-м растворе сразу утонуло 91 семя, в течение часа – все семена.

Таким образом, оптимальный раствор и время замачивания находятся в пределах наших опытов, но в связи с высокой вариацией затопления семян опыты следует повторить. На данном этапе мы рекомендуем использовать 75%-й раствор этилового спирта с продолжительностью в 45–60 минут.

Таким образом, по результатам проведенных опытов в большинстве случаев наиболее оптимальными оказались 75%-е концентрации изопропилового и этилового спирта с различным временем замачивания.

Графики показывают, что наибольшее число затонувших в изопропиловом спирте семян в конце эксперимента приходится на ель европейскую и

сосну обыкновенную, за ними следуют по убывающей лиственницы даурская, европейская и сибирская. Очевидно, что такая очередность расположения семян этих пород определяется не только количеством пустых семян в партии, но и истинной плотностью перед началом опытов и способностью к набуханию в процессе замачивания.

Графики же, полученные с использованием этилового спирта, свидетельствуют, что наибольшее число затонувших семян приходится на ель европейскую, за ней со значительным отставанием следуют сосна обыкновенная, лиственницы даурская, сибирская и европейская. Причины этого аналогичны причинам, изложенным для изопропилового спирта.

Из рисунков видно, что в изопропиловом спирте тонет больше семян, чем в этиловом, особенно это характерно для лиственницы европейской. Значительной разницы в поглотительной способности семян в разных спиртах не отмечено. Здесь также отмечается наибольшая способность к набуханию у лиственницы сибирской, наименьшая – у лиственницы европейской.

Работы по флотации семян ранее нами проводились только с лиственницей сибирской [Лавренов и др., 2024]. В настоящей работе мы продолжили опыты, взяв самые распространенные породы на территории России и повторив опыты с лиственницей сибирской.

При сравнении партий семян 2023 и 2024 гг. лучшие свойства показали семена 2023 года. Тем не менее предлагаемый нами метод флотации позволяет отделить здоровые семена от пустых независимо от качества исходной партии.

Заключение. При использовании изопропилового спирта для флотации семян лиственниц необходимо применять водную концентрацию, равную 75%. Однако время замачивания для большей точности может быть различным. Для лиственницы сибирской время составляет 30 минут, для лиственниц европейской и даурской нет необходимости выдерживать семена после погружения.

Стоит отметить, что для лиственницы сибирской опыты проводились повторно, спустя год. Наблюдались отличия по плотности семян, но по результатам опытов оптимальные критерии для проведения флотации остались такими же, что говорит о надежности представленных нами рекомендаций.

Для флотации семян ели и сосны в отличие от семян лиственницы концентрации изопропилового спирта в диапазоне от 60 до 90% не подходят, здесь нужна концентрация ниже 60%, чтобы обеспечить эффективное разделение семян на полнозернистые и пустые. Опыты с семенами указанных пород необходимо продолжить.

При замачивании семян лиственницы сибирской в этиловом спирте проявилась значительная разница в погружении семян в жидкость между концентрациями в 75 и 85%. В первом случае в течение часа утонуло от 25 до 43 семян, во втором – от 60 до 70 семян. Таким образом, сделанный нами более короткий шаг в 10% между концентрациями по сравнению с изопропиловым спиртом (где шаг был 15%) показал, насколько важно точно подобрать раствор.

Стоит отметить, что при использовании этилового спирта рекомендации для каждого вида лиственницы оказались различными.

Оптимальным для лиственницы сибирской при использовании этилового спирта оказался 75%-й водный раствор при продолжительности в 30 мин. Таким образом, данные рекомендации оказались идентичными (как и при использовании изопропилового спирта) по сравнению с опытом, проведенным годом ранее. Однако для семян лиственниц европейской и даурской они не являются столь эффективными.

При флотации семян лиственниц европейской и даурской в этиловом спирте мы рекомендуем применять 85%-й водный раствор, при этом время замачивания следует различать: семена лиственницы европейской выдерживать в растворе 30 мин, лиственницы даурской – 15 мин.

При использовании этилового спирта для флотации семян ели европейской 65%-й раствор оказался близким к эффективному при условии мгновенного учета семян, однако для составления рекомендаций нам необходимо продолжить опыты с данным спиртом с использованием более низких процентов водного раствора.

Этиловый спирт с концентрациями в 65-85% показал резкие отличия в погружении семян сосны обыкновенной: утонуло от 2 до 91 семени мгновенно и от 47 до 100 по истечении часа. Таким образом, для составления рекомендации при использовании оптимального раствора необходимо провести опыты повторно.

Полученные данные указывают на относительно небольшую вариативность в использовании концентраций изопропилового и этилового спиртов для семян различных видов, принадлежащих одному роду (на примере лиственницы), и на резкие отличия для семян за пределами рода.

Сравнение различных партий семян, принадлежащих одному виду (лиственница сибирская), но имеющих различную истинную плотность и полнозернистость, показало, что предлагаемый нами метод флотации позволяет отделить здоровые семена от пустых независимо от качества исходной партии.

Обобщая полученные данные, мы рекомендуем использовать следующие параметры при проведении флотации семян:

- для лиственницы сибирской – 75%-й раствор изопропилового спирта и 75%-й раствор этилового спирта при времени замачивания 30 мин;
- для лиственницы европейской – изопропиловый спирт 75%-й концентрации без выдерживания по времени и 85%-й водный раствор этилового спирта при выдерживании в течение 30 мин;
- для лиственницы даурской – 75%-й раствор изопропилового спирта без выдерживания семян и 85%-й раствор этилового спирта при выдерживании в течение 15 минут.

При сравнении эффективности действия изопропилового и этилового спиртов мы рекомендуем использовать изопропиловый спирт, так как он показал схожие параметры (время замачивания и водную концентрацию) для эффективного разделения семян различных видов лиственниц, а также является более доступным.

Вклад авторов. Котов А.А. – обоснование концепции исследования (формулирование идеи, исследовательских целей и задач), проведение опыта; Лавренов М.А. – анализ и обобщение данных литературы, сбор данных литературы, формулировка выводов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Биоразнообразие лиственниц Азиатской России. Новосибирск: Гео, 2010. 159 с.
Васильева Н.Н., Демина Н.А., Файзулин Д.Х., Дуркина Т.М. Оценка применения метода флотации в различных жидкостях для повышения качества семян хвойных пород // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. №6-3 (81). С. 49-53.

Зеленяк А.К., Иозус А.П. Интенсивность семеношения лиственницы сибирской на клоновой плантации // Современные проблемы науки и образования. 2012. №6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7597> (дата обращения: 05.04.2025).

Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Познахирко П.Ш. Изменчивость генеративных органов и посевные качества семян лиственницы сибирской в защитных насаждениях оз. Шира // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. XXV, №3-4. С. 309-315.

Лавренов М.А., Котов А.А., Алябьев А.Ф. Совершенствование метода флотации семян на примере лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) // Лесотехнический журнал. 2024. Т. 14, № 3(55). С. 108-126. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2024.3/7.

Свиридов Л.Т. Свойства лесных семян, плодов-бобов и обоснование технологий, конструкций и параметров семяочистительных машин: монография. Воронеж: ВГЛТА, 2012. 312 с.

Avsar M.D. Using flotation in ethanol to separate filled and empty seeds of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* // African Journal of Biotechnology. 2010. Vol. 9(25). P. 3822-3827/

Barnett J.P. Flotation in ethanol affects storability of spruce pine seeds // Tree Planters' Notes. 1970. Vol. 21, iss. 4. P. 18-19.

Eavy A.L., Houseweart M.W. Reliability of ethanol flotation for testing tamarack seed // North. J. Appl. For. 1987. Vol. 4, iss. 2. P. 69-72. DOI: 10.1093/njaf/4.2.69.

References

Avsar M.D. Using flotation in ethanol to separate filled and empty seeds of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana*. *African Journal of Biotechnology*, 2010, vol. 9(25), pp. 3822-3827.

Barnett J.P. Flotation in ethanol affects storability of spruce pine seeds. *Tree Planters' Notes*, 1970, vol. 21, iss. 4, pp. 18-19.

Biodiversity of larches of Asian Russia. Novosibirsk: Geo, 2010. 159 p. (In Russ.)

Eavy A.L., Houseweart M.W. Reliability of ethanol flotation for testing tamarack seed. *North. J. Appl. For.*, 1987, vol. 4, iss. 2, pp. 69-72. DOI: 10.1093/njaf/4.2.69.

Kovylyna O.P., Kovylin N.V., Poznahirko P.S. Variability of generative organs and sowing qualities of Siberian larch seeds in protective plantations of the lake Shira. *Conifers of the boreal area*, 2008, vol. XXV, no. 3-4, pp. 309-315. (In Russ.)

Lavrenov M.A., Kotov A.A., Alyabyev A.F. Improving the method of seed flotation using the Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) as an example. *Forestry engineering journal*, 2024, vol. 14, no. 3, pp. 108-126. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2024.3/7. (In Russ.)

Sviridov L.T. Properties of forest seeds, bean fruits and substantiation of technologies, designs and parameters of seed cleaning machines: monograph. Voronezh: VGLTA, 2012. 312 p. (In Russ.)

Vasilyeva N.N., Demina N.A., Fayzulin D.H., Durkina T.M. Evaluation of the application of the flotation method in various liquids to improve the quality of coniferous seeds. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2023, no. 6-3 (81), pp. 49-53. (In Russ.)

Zelenyak A.K., Iozus A.P. The intensity of seed production of Siberian larch on a clone plantation. *Modern problems of science and education*, 2012, no. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=7597> (accessed: April 05, 2025). (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 29.05.2025

Котов А.А., Лавренов М.А. Совершенствование метода флотации семян основных хвойных пород России // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 258. С. 229–245. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.258.229-245

В работе представлены результаты флотации семян основных хвойных лесообразующих пород России. Проводился поиск эффективных жидкостей для проведения флотации семян сосны обыкновенной, ели европейской, а также лиственниц сибирской, европейской и даурской. Перед проведением опытов была установлена насыпная и истинная плотность семян, количество полнозернистых семян в партии, подготовлен изопропиловый спирт концентрацией 60%, 75% и 90% и этиловый спирт концентрацией 65%, 75% и 85%. Для лиственниц наиболее оптимальным оказался 75%-й раствор изопропилового спирта, при этом время замачивания варьирует. При использовании этилового спирта необходимо различать концентрацию: для лиственницы сибирской рекомендуем использовать 75%-й раствор при времени замачивания 30 мин, для лиственницы европейской – 85%-й раствор при выдерживании 30 мин, для лиственницы даурской – 85%-й раствор в течение 15 мин. Для удобства использования рекомендуем применять изопропиловый спирт, так как он показал схожие параметры для проведения эффективной флотации всех исследуемых видов лиственниц.

Ключевые слова: флотация семян, лиственница, сосна обыкновенная, ель европейская.

Kotov A.A., Lavrenov M.A. Improvement of the method of seed flotation of the main coniferous species of Russia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2026, iss. 258, pp. 229–245 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.258.229-245

The paper presents the results of seed flotation of the main coniferous forest-forming species in Russia. A search was conducted for effective liquids for the flotation of seeds of Scots pine, European spruce, as well as Siberian, European and Daurian larches. Before conducting the experiments, the bulk and true density of seeds, the number of full-grain seeds in the batch were determined, isopropyl alcohol with concentrations of 60%, 75% and 90% and ethyl alcohol with concentrations of 65%, 75% and 85% were prepared. A 75% solution of isopropyl alcohol turned out to be the most optimal for larches, while the soaking time varies. When using ethyl alcohol, it is necessary to distinguish the concentration: for Siberian larch, we recommend using a 75% solution with a soaking time of 0.5 hours, for European larch – an 85% solution with a holding time of 30 minutes, for Daurian larch – an 85% solution for 15 minutes.

Key words: seed flotation, larch, common pine, European spruce.

КОТОВ Алексей Александрович – профессор кафедры ЛТ1-МФ Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, доктор технических наук. SPIN-код: 7846-4511. ORCID: 0000-0002-0136-2906.

141005, ул. 1-я Институтская, д. 1, г. Мытищи, Московская обл., Россия. E-mail: kotov@bmstu.ru

KOTOV Aleksey A. – DSc (Technical), Professor, Department LT-1-MF, Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University. SPIN-code: 7846-4511. ORCID: 0000-0002-0136-2906.

141005. 1st Institutskaya str. 1. Mytishchi. Moscow region. Russia. E-mail: kotov@bmstu.ru

ЛАВРЕНОВ Максим Александрович – доцент кафедры ЛТ1-МФ Мытищинского филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 1217-3127. ORCID: 0000-0001-9708-9037.

141005, ул. 1-я Институтская, д. 1, г. Мытищи, Московская обл., Россия. E-mail: lavrenov@bmstu.ru

LAVRENOV Maksim A. – PhD (Agricultural), Associate Professor, Department LT-1-MF, Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University. SPIN-code: 1217-3127. ORCID: 0000-0001-9708-9037.

141005. 1st Institutskaya str. 1. Mytishchi. Moscow region. Russia. E-mail: lavrenov@bmstu.ru