

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/7>

УДК 630.232.318



## Совершенствование метода флотации семян на примере лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.)

Максим А. Лавренов ✉, [lavrenov@bmstu.ru](mailto:lavrenov@bmstu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

Алексей А. Котов, [kotov@bmstu.ru](mailto:kotov@bmstu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906>

Алексей Ф. Алябьев, [alyabiev@bmstu.ru](mailto:alyabiev@bmstu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5812-6114>

*Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, д. 1, г. Мытищи, Московская область, 141005, Российская Федерация*

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) является перспективной породой для выращивания в центре Европейской части России, при этом ее семенам свойственна невысокая полнозернистость. Флотация семян *L. sibirica*. Процесс исследования заключался в уточнении насыпной и истинной плотности семян и их пористости, далее нами были подготовлены растворов спиртов с плотностью, близкой, либо чуть меньшей начальной истинной плотности семян – ими оказались этиловый и изопропиловый спирт (было учтено изменение плотности спирта за 24 ч при температуре 20 °С). Далее необходимо было найти оптимальную концентрацию используемых в работе спиртов, для этого мы рассчитали связь плотности растворов с их объемной концентрацией. Замачивание проводили в течение разного промежутка времени, после чего определяли процент всплывших и затонувших семян. Все семена (как всплывшие, так и затонувшие) определяли на полнозернистость методом взрезывания. По результатам исследования удалось выявить оптимальную концентрацию, удовлетворяющую разделению семян в этиловом и изопропиловом спиртах, равную 75 %. Время замачивания рекомендуем не превышать 0,5 ч. В спиртах с концентрацией менее 75 % необходимо увеличивать время замачивания семян. При равных условиях (концентрации и времени замачивания) в изопропиловом спирте семена тонут в большем количестве, чем в этиловом так как последний имеет меньшую плотность.

**Ключевые слова:** *лиственница сибирская, Larix sibirica* Ledeb., *семена, флотация, полнозернистость, этиловый спирт, изопропиловый спирт.*

**Финансирование:** данное исследование не получало внешнего финансирования.

**Благодарности:** автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Лавренов, М. А. Совершенствование метода флотации семян на примере лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) / М. А. Лавренов, А. А. Котов, А. Ф. Алябьев // Лесотехнический журнал. – 2024. – Т. 14. – № 3 (55). – С. 108–126. – Библиогр.: с. 122–126 (31 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/7>.

*Поступила 03.06.2024. Пересмотрена 06.08.2024. Принята 07.08.2024. Опубликовано онлайн 11.11.2024.*

Article

## Improving the method of seed flotation on the example of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.)

**Maxim A. Lavrenov** ✉, lavrenov@bmstu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9708-9037>

**Alexey A. Kotov**, lavrenov@bmstu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0136-2906>

**Alexey F. Alyabyev**, alyabiev@bmstu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5812-6114>

*BMSTU (Mytishchi branch), 1 st. Institutskaya, 141005, Mytishchi, Moscow region, Russian Federation*

### Abstract

We have improved the method of flotation of Siberian larch seeds. Larch is a promising breed for cultivation in the center of the European part of Russia, while its seeds are characterized by low seed fullness. The research process consisted in clarifying the bulk and true density of seeds, then we prepared alcohol solutions with a density close to or slightly less than the initial true density of seeds – they turned out to be ethyl and isopropyl alcohol (the change in alcohol density over 24 hours at a temperature of 20 ° C was taken into account). Next, it was necessary to find the optimal concentration of these alcohols, for this we calculated the relationship between the density of solutions and their volume concentration. Soaking was carried out for a different period of time, after which the percentage of surfaced and sunken seeds was determined. All seeds (both surfaced and sunken) it was determined for seed fullness by the method of cutting. According to the results of the study, it was possible to identify the optimal concentration satisfying the separation of seeds in ethyl and isopropyl alcohols, equal to 75%. The soaking time is recommended not to exceed 0.5 hours. In alcohols with a concentration of less than 75%, it is necessary to increase the soaking time of the seeds. Under equal conditions (concentration and soaking time), the seeds sink in isopropyl alcohol in greater quantities than in ethyl alcohol, since the latter has a lower density.

**Keywords:** *Larix sibirica* Ledeb., Siberian larch, seeds, flotation, seed fullness, ethyl alcohol, isopropyl alcohol

**Funding:** this research received no external funding.

**Acknowledgments:** author thank the reviewers for their contribution to the peer review.

**Conflict of interest:** the author declares no conflict of interest.

**For citation:** Lavrenov M. A., Kotov A. A., Alyabyev A. F. (2024). Improving the method of seed flotation on the example of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.). *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 14, No. 3 (55), pp. 108-126 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/7>.

**Received** 03.06.2024. **Revised** 06.08.2024. **Accepted** 07.08.2024. **Published online** 11.11.2024.

### Введение

Один из методов, который может быть использован для разделения полнозернистых и пустых семян – метод флотации [1]. В основе данного метода лежит принцип, что пустые семена древесных пород отличаются по плотности от полнозернистых.

Целью работы являлся поиск эффективных жидкостей для проведения флотации семян лиственницы сибирской.

Лиственница – самая распространенная лесообразующая порода в России [2]. При этом она яв-

ляется ценным интродуцентом для Европейской части России, характеризуясь быстрым ростом, устойчивостью против грибных заболеваний и энтомофитов, высокими техническими качествами древесины [3, 4, 5].

Наиболее хорошо изученным видом лиственницы на территории России, согласно Л.И. Милютину, представившим в своей работе все биоразнообразие лиственниц России, является лиственница сибирская [2]. По данным А.И. Ирошниковой (2004) [6] площадь естественных насаждений с преобладанием лиственницы сибирской составляет

около 66 млн. га, т.е. примерно 23,8 % общей площади лиственных лесов России. Лиственница сибирская является одной из хозяйственно значимых древесных пород на территории Российской Федерации, на что указывают многие авторы [7, 8]. Лиственница обладает высокой декоративностью, при этом она дымо и газоустойчива, имеет высокую кислородопродуцирующую и углерододепонирующую способность и фитонцидность.

При этом М.М. Улитин и В.П. Бессчетнов (2020) [7], представив сравнительную оценку таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской в европейской части России, предлагают более активное введение данной породы в состав искусственных насаждений различного целевого назначения. Результаты их исследований подтвердили эффективность создания лесных культур лиственницы сибирской в условиях Нижегородской области.

Естественными условиями произрастания лиственницы сибирской являются Сибирь и Дальний Восток, она также встречается на Урале и северо-востоке Европейской России [9, 10]. Расположенность лиственницы сибирской в Центральной России [7, 11, 12] делает ее одним из наиболее предпочтительных видов лиственниц, используемых для интродукции в центр Европейской части России.

Лиственница сибирская была описана как самостоятельный вид в 1833 г. Ледебуром. До этого Палласом она относилась к *Pinus larix* Pall., т. е. к тому же виду, к которому принадлежала и лиственница, растущая в Европе. Основание к выделению самостоятельного вида Ледебуру видел в том, что у лиственницы, растущей на Алтае, в отличие от швейцарских экземпляров, более мелкие шишки, главное чешуи на спинке более выпуклые, а на верхушке совершенно округлые и наружу не отогнутые [10].

Как отмечал Л.П. Рысин (2010) [13], активным пропагандистом широкого внедрения лиственницы сибирской в леса центрального региона России в целях поднятия их продуктивности был В.П. Тимофеев. Так, в качестве примера выступали смешанные культуры с лиственницей на территории Лесной дачи Московской сельскохозяйственной академии.

Успешность интродукции зависит от качества используемых семян [14, 15, 16, 17, 18]. Однако семена лиственницы характеризуются низким качеством, что является общеизвестным фактом [19, 20]. Некоторые исследователи даже указывают, что количество пустых семян лиственницы может составлять до 80 % [21].

Таким образом для более широкой интродукции лиственницы сибирской необходимо, в том числе, разработать методику флотации семян, которая позволила бы определить полнозернистость семян в партии перед использованием ее в целях лесовосстановления.

## Материалы и методы

### Объект и предмет исследования

Объектом исследования являлись семена лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.).

Предмет исследования – показатели флотации семян при использовании различных растворов.

В задачи работы входило:

1. Уточнение насыпной и истинной плотности семян.
2. Подготовка растворов спиртов с плотностью, близкой, либо чуть меньшей начальной истинной плотности семян.
3. Определение связи плотности растворов с их объемной концентрацией.
4. Замачивание семян в растворах в течение разного временного промежутка (5 мин, 30 мин, 3 ч, 24 ч).
5. Определение процента всплывших и затонувших семян через указанное время.
6. Определение полнозернистости всплывших и затонувших семян в зависимости от плотности (концентрации) различных растворов и продолжительности замачивания.
7. Подбор наиболее подходящего раствора и времени замачивания семян по результатам исследований.

При использовании эффективной жидкости в идеальном варианте должны тонуть только полнозернистые семена.

Полнозернистость семян – это отношение количества семян, содержащих зародыш и эндосперм, выраженное в процентах от общего числа семян, взятых для анализа.

## *Дизайн эксперимента*

Полнозернистость семян определялась взрезыванием семени вдоль зародыша (ГОСТ 13056.8-97). В результате проведения анализа установлено, что полнозернистость семян, используемых нами для проведения исследований, составляет 68 %. Таким образом, нам было необходимо подобрать раствор, при котором должны тонуть в основном только полнозернистые семена (около 65-70 % от всех замоченных семян).

Для разделения полнозернистых и пустых семян методом флотации могут быть использованы различные жидкие среды, такие как вода [22], н-пентан [23], этанол [24], раствор хлорида натрия [25], петролейный эфир [26]. Однако, стоит отметить, что при использовании воды все семена, обычно, остаются плавать, не погружаясь на дно. В этом отношении есть преимущества в проведении исследований по использованию флотации в жидкости с более низкой плотностью, чем вода, такой как этанол [1].

Однако, как показывает ряд исследований, вода также может являться эффективной жидкостью при разделении семян на пустые и полнозернистые [27]. Например, Abolfazl Daneshvar и др. (2017) [28] в результате проведенных исследований, заключают, что питомники могут дополнительно улучшить качество партий семян можжевельника многоплодного за счет обычного разделения их в воде, при котором отсортировываются только пустые и поврежденные насекомыми семена, до 75-82 %. И поскольку род *Juniperus* (Cupressaceae) включает примерно 67 видов, которые в основном распространены в северном полушарии [29] и имеют известные проблемы с качеством партий семян, результаты этого исследования послужат основой для улучшения производительности партий семян других видов можжевельника – также указывают авторы [28].

Для проведения флотации мы использовали дистиллированную воду, изопропиловый и этиловый спирты различной концентрации. Именно эти растворы чаще других используются при проведении флотации семян.

При этом необходимо учитывать продолжительность проведения замачивания.

Например, Тупик П.В. (2008) [30] в работе «Повышение качества семян хвойных интродуцентов методом флотации» пришел к выводу, что для лиственницы европейской и псевдотсуги тиссолистной наиболее оптимальным периодом замачивания семян в воде является 18 часов, а для ели колючей – 12 часов.

## *Анализ данных*

В работе использовались стандартные статистические методы обработки данных: определялось среднее арифметическое, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и т.д. Для статистической обработки и построения графиков применялась программа Excel 2016.

## **Результаты**

### *Уточнение плотности семян хвойных пород*

Следует учитывать, что плотность семян меняется в значительных пределах и зависит от их строения, химического состава, количества воздуха, заключенного в семени, спелости и влажности [32].

Поэтому перед проведением экспериментов по флотации пришлось определять её самостоятельно. Плотность находили при естественной влажности.

Стоит отметить, что обескрыливание семян ведет к многократному увеличению насыпной плотности семян всех исследуемых пород, вызываемому уменьшением объема пустот между семенами [31]. Мы определяли плотность обескрыленных семян.

Насыпная плотность – это средняя плотность объекта, состоящего из макроскопических частиц, гранул или волокон материала и из окружающей среды, то есть масса единицы объема материала в насыпном состоянии вместе с порами и пустотами.

Методика с небольшими изменениями аналогична другим авторам. В мерную ёмкость, предварительно взвешенную на весах марки Ohaus Adventurer AR3130 с точностью до 0,01 г, насыпали обескрыленные семена лиственницы. Фиксировали объём семян и затем взвешивали ёмкость с семенами. Насыпную плотность определяли по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_c}{V}$$

где  $\rho_n$  – насыпная плотность семян, г/см<sup>3</sup>;

$m_c$  – масса семян, г;

$V$  – объём семян с пустотами, см<sup>3</sup>.

Здесь  $m_c = m_1 - m_2$ ,

где  $m_1$  – масса ёмкости с семенами, г;  
 $m_2$  – масса ёмкости, г.

Истинная плотность (проф. ВГЛТУ Свиридов Л.Т. называет её просто плотностью [29]) зависит от их укладки в емкостях.

Здесь объём, занимаемый семенами, определяется без пустот между ними:

$$V_c = V - V_n,$$

где  $V_c$  – объём семян без пустот, см<sup>3</sup>;

$V_n$  – объём пустот между семенами, см<sup>3</sup>.

Для определения объёма пустот семена в ёмкости, удерживаемые сеткой от всплытия, заливались дистиллированной водой. Объём залитой воды приравнивался объёму пустот. Объём воды определяли весовым способом, приняв её плотность, равной 1 г/см<sup>3</sup>.

Пористость семян – это отношение объёма пустот к общему объёму пористого материала:

$$\eta = \frac{V - V_c}{V} 100$$

Насыпная плотность лиственницы сибирской составила 0,598 г/см<sup>3</sup>, Истинная плотность – 0,909 г/см<sup>3</sup>, пористость семян – 34,2 %.

*Определение плотности этилового и изопропилового спирта*

Для повышения точности опытов была проведена проверка качества используемого при исследовании этилового и изопропилового спиртов при температуре 20 °С. Для этого спирты заливались в мерную ёмкость и взвешивались. Далее определя-

лась их плотность, которая сравнивалась с табличной. При этом получили плотность этилового спирта  $\rho_{эт.сп} = 0,8075$  г/см<sup>3</sup> при объемной концентрации  $K = 96$  %, а изопропилового спирта  $\rho_{из.сп} = 0,7851$  г/см<sup>3</sup> при  $K = 99,7$  %, что соответствует абсолютированному спирту ( $\rho_{из.сп} = 0,786$  г/см<sup>3</sup>).

Так как максимальная продолжительность замачивания семян составляла 24 часа, то было изучено изменение плотности спирта за это время. Плотность этилового спирта увеличилась на 0,46 %, а изопропилового – на 0,63 %, что находится в допустимых пределах.

*Расчет связи плотности растворов с их объемной концентрацией*

При температуре 20° С и нормальном давлении плотность этилового спирта определяется по приближенной формуле (таблица Фертмана):

$$\rho = 1000 - 2,0054K,$$

где  $\rho$  – плотность этилового спирта, кг/м<sup>3</sup>;

$K$  – объемная концентрация спирта, %.

Плотность изопропилового спирта – по формуле:

$$\rho = 1000 - 2,1454K.$$

Полученные показатели плотностей растворов в зависимости от их концентрации представлены в табл. 1.

На рис. 1 представлены зависимости плотности этилового и изопропилового спирта от их объемной концентрации. Из рисунка видно, что с повышением последней плотность спирта уменьшается, причем быстрее изопропилового.

Таблица 1

Плотность спиртов в зависимости от их концентрации

Table 1

The density of alcohols depending on their concentration

K – объемная концентрация, %   volume concentration, %	0	25	50	75	96
плотность этилового спирта, кг/м <sup>3</sup>   the density of ethyl alcohol, kg/m <sup>3</sup>	1000	949,9	899,7	849,6	807,5
плотность изопропилового спирта, кг/м <sup>3</sup>   the density of isopropyl alcohol, kg/m <sup>3</sup>	1000	946,4	892,7	839,1	786,1

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

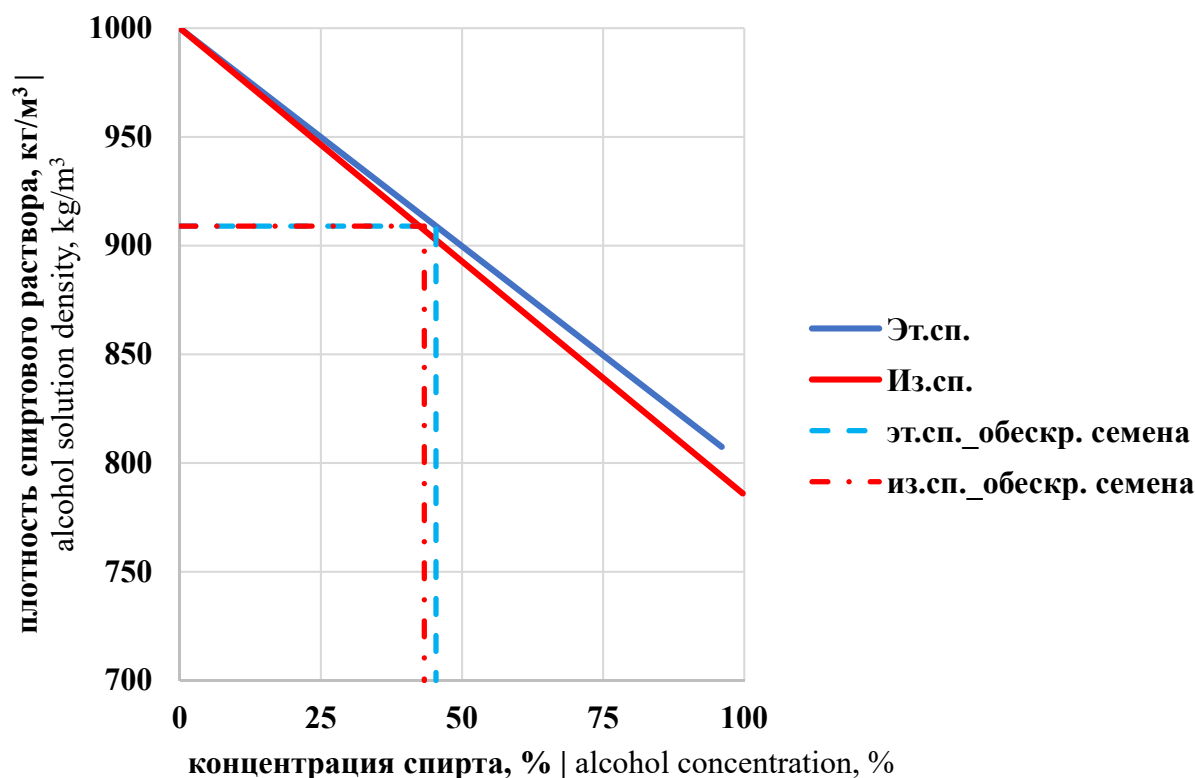


Рисунок 1. Теоретическая зависимость плотности растворов этилового и изопропилового спирта от их концентрации

Figure 1. Theoretical dependence of the density of ethyl and isopropyl alcohol solutions on their concentration

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Определенная нами начальная истинная плотность обескрыленных для партии семян лиственницы равна примерно  $909 \text{ кг/м}^3$  (на рис. 1 обозначена горизонтальной пунктирной линией). При пересечении этого значения с графиками получаем значения наименьшей средней концентрации раствора, при которой будут тонуть семена. Для этилового и изопропилового спирта они соответственно равны 45 % и 43 % (вертикальные пунктирные линии). Зона, расположенная справа от этих линий, определяет достаточно быстрое погружение семян на дно без их набухания.

Сравнивая приведенные концентрации, отмечаем, что в изопропиловом спирте семена тонут при чуть меньшей концентрации, так как он имеет меньшую плотность.

*Исследование погружения семян в растворы спиртов*

Рис. 2 показывает, что при объемной концентрации этилового спирта  $K = 0 \%$  (дистиллированная вода) за время  $t = 24$  часа не затонуло ни одного семени. С повышением же концентрации спирта, начинается сначала незначительное, а затем резкое их затопление. При  $K = 75 \%$  затонуло около 70 % семян, а при  $K = 96 \%$  – более 85 %. Причем основная масса семян тонет в первые три часа (более 98 %). Поэтому при проведении следующих опытов можно ограничиться только тремя часами замачивания.

Для наглядности поведения семян в первые часы замачивания на рис. 2, а также и на рис. 3 для изопропилового спирта, ось абсцисс графика прологарифмирована по основанию 3:  $y = \log_3 t$ . Анализируя его, можно сделать вывод, что при  $K = 96 \%$  количество затонувших семян при выдержке от одного часа до трех увеличивается всего на 1 %, при  $K = 75 \%$  – уже на 7 %, а при  $K = 50 \%$  – почти в 5 раз (на 400 %).

Учитывая то обстоятельство, что полнозернистых семян в партии было 68 %, разница между затонувшими семенами ( $t > 5$  мин,  $K = 96$  % и  $t > 0,5$  ч,  $K = 75$  %) показывает количество набухших пустых семян (впитавших спирт), поэтому после

указанных промежутков времени в дальнейшем в их замачивании нет необходимости. Также нужно ограничиться только концентрацией 75 %, чтобы исключить эффект набухания.

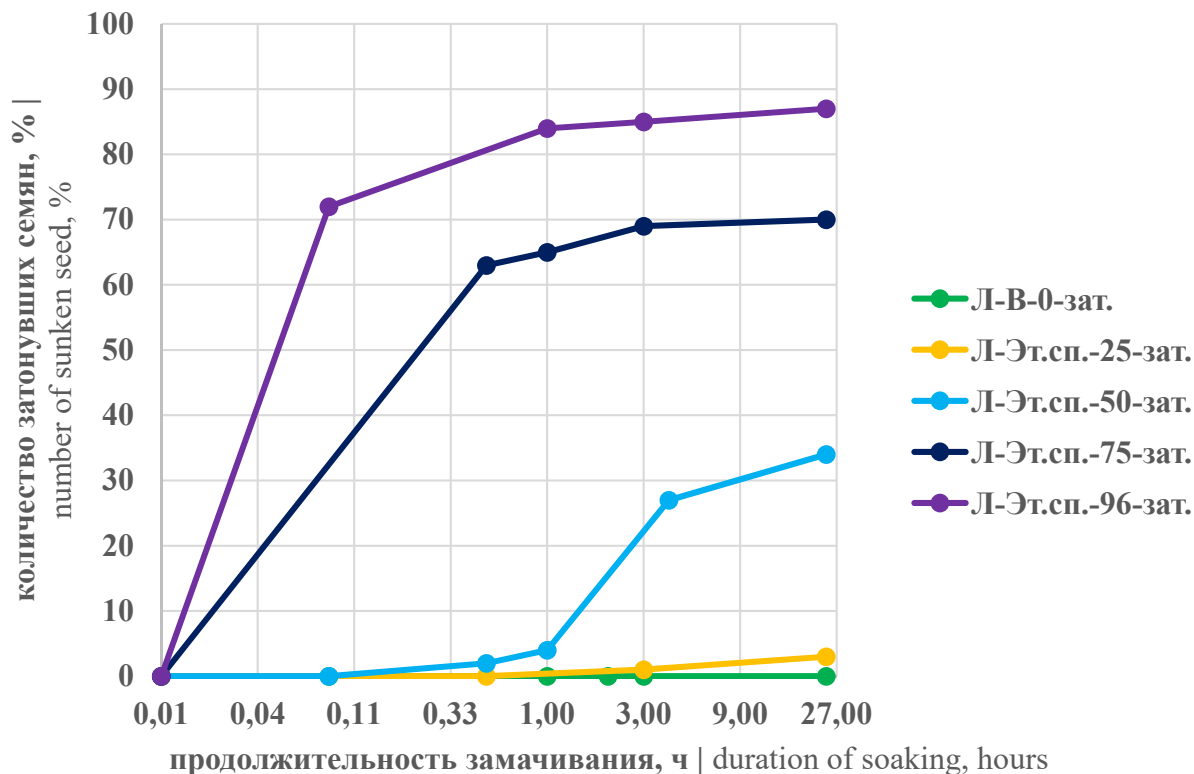


Рисунок 2. Зависимость количества затонувших семян лиственницы от продолжительности замачивания в растворах этилового спирта

Figure 2. The dependence of the number of sunken larch seeds on the duration of soaking in ethyl alcohol solutions

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Физический смысл угла наклона этих графиков к оси абсцисс (тангенс угла наклона есть первая производная) заключается в скорости затопления семян. Поэтому эти графики позволяют наглядно видеть, как быстро происходит процесс затопления.

Аналогичные графики построены для изопропилового спирта (рис. 3). Из рис. 3 видно, что за тот же временной промежуток тонет большее количество семян, особенно при низких концентрациях ( $K = 25$  % и  $K = 50$  %). Это можно объяснить немного

меньшей плотностью этого спирта (рис. 1) и большей проникающей способностью (скоростью набухания семян, увеличивающим их плотность). Здесь при  $t = 0,5$  ч ( $K = 75$  % и  $K = 99,7$  %) тонет примерно одинаковое количество семян (больше 80 %), из которых около 10 % являются пустыми, а при дальнейшем увеличении времени их прирост почти не увеличивается. Отсюда следует, что время замачивания должно быть не более 0,5 ч. Для установления более точного промежутка времени необходимо провести дальнейшие исследования.

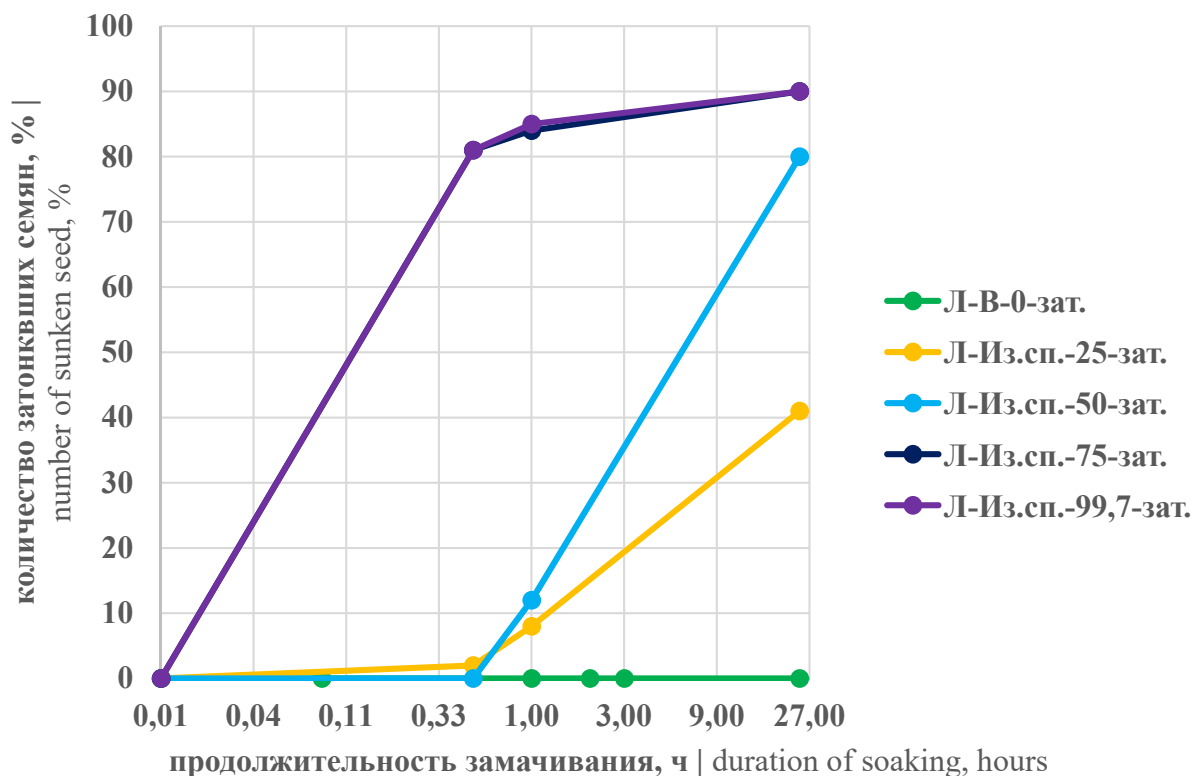


Рисунок 3. Зависимость количества затонувших семян лиственницы от продолжительности замачивания в растворах изопропилового спирта

Figure 3. The dependence of the number of sunken larch seeds on the duration of soaking in solutions of isopropyl alcohol

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own calculations

Сравнительный анализ зависимости количества затонувших семян от концентрации этилового и изопропилового спирта представлен в виде графиков на рис. 4.

Из графиков видно, что особенно быстро процесс затопления идет при концентрациях от 50 % до 75 % и в конце достигает необходимой величины в 65 – 70 % (для изопропилового спирта при  $t = 24$  ч и  $K = 50$  %). В изопропиловом спирте тонет больше семян, особенно при большом времени замачивания. Как показали результаты опытов, в следующем диапазоне концентраций (более 75 %) процесс замедляется в растворе этилового спирта (особенно быстро при меньших значениях продолжительности замачивания) и практически полностью останавливается в растворе изопропилового спирта (при  $t = 0,5$  ч и  $t = 24$  ч). Это можно объяснить тем, что в партии резко

снижается доля семян с истинной плотностью, соответствующей плотности раствора этилового спирта в данном диапазоне, и полностью отсутствует доля семян с истинной плотностью, соответствующей плотности раствора изопропилового спирта в этом же диапазоне. Очевидно, что оставшиеся не затонувшие семена (10 – 19 %) имеют плотность ниже плотности растворов спиртов при их максимальной концентрации (чистых спиртов). Независимо от вида спирта (этиловый или изопропиловый) при его наибольшей концентрации и продолжительности замачивания (от 0,5 до 24 ч) все графики сходятся примерно в одной точке, а это означает, что максимальное количество затонувших семян лиственницы сибирской в рассмотренных спиртах не может превышать 90 %.



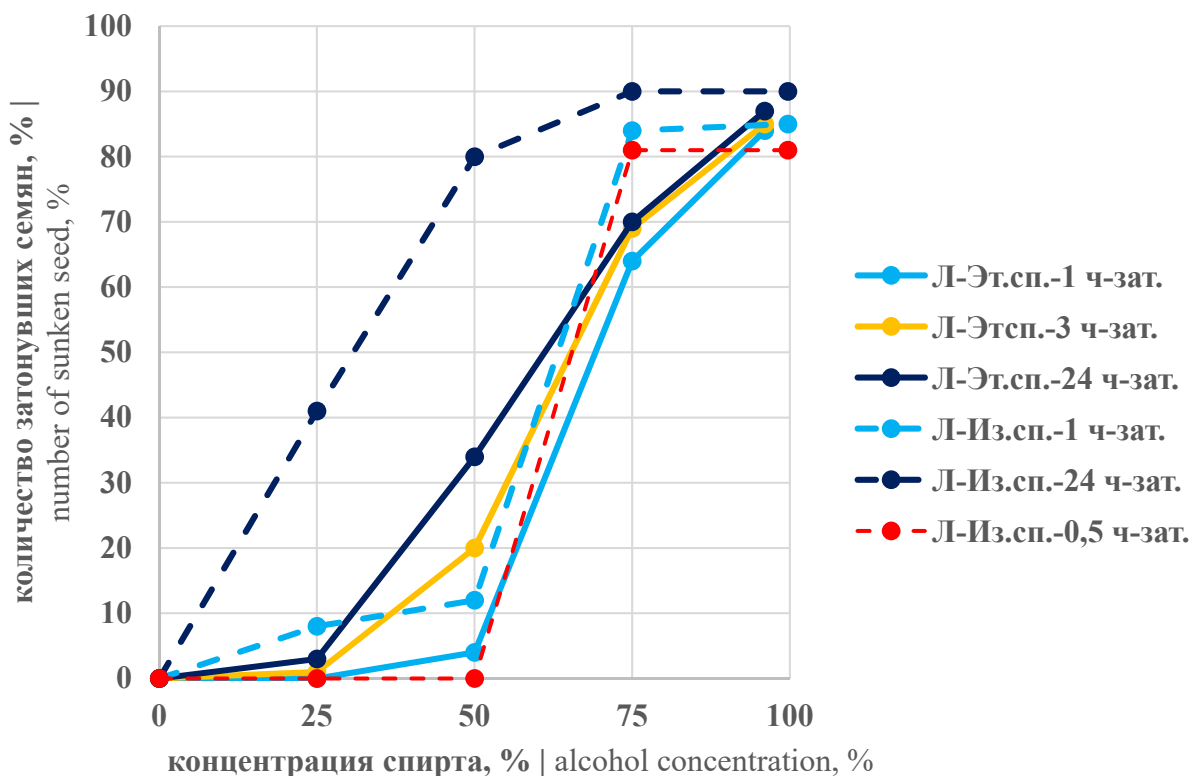


Рисунок 4. Зависимость количества затонувших семян лиственницы от концентрации этилового и изопропилового спирта

Figure 4. Dependence of the number of sunken larch seeds on the concentration of ethyl and isopropyl alcohol

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Физический смысл угла наклона этих графиков к оси абсцисс (тангенс угла наклона есть первая производная) заключается в скорости затопления семян. Поэтому эти графики позволяют наглядно видеть, как быстро происходит процесс затопления.

По формуле

$$V_t = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

рассчитана средняя скорость затопления семян лиственницы сибирской в растворах этилового (табл. 2) и изопропилового (табл. 3) спиртов в зависимости от продолжительности замачивания при определенной их концентрации. Здесь  $\Delta n$  – приращение затопленных семян (%) за определенный промежуток времени  $\Delta t$ . В верхней части ячеек скорость указана в %/ч, в нижней (в скобках) – в %/мин.

Таблица 2

Скорость погружения семян в раствор этилового спирта в зависимости от продолжительности замачивания

Table 2

The rate of immersion of seeds in an ethyl alcohol solution, depending on the duration of soaking

K, %	t, мин   t, minutes						
	5	30	60	120	180	240	1440
0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

K, %	t, мин   t, minutes						
	5	30	60	120	180	240	1440
25	0 (0)	0 (0)	0,4 (0,0067)	0,4 (0,0067)	0,4 (0,0067)	0,095 (0,0016)	0,095 (0,0016)
50	0 (0)	4,8 (0,0800)	4 (0,0667)	7,67 (0,1278)	7,67 (0,1278)	7,67 (0,1278)	0,35 (0,0058)
75	126 (2,1)	126 (2,1)	4 (0,0667)	8 (0,1333)	8 (0,1333)	0,05 (0,0008)	0,05 (0,0008)
96	900 (15)	13,1 (0,2183)	13,1 (0,2183)	0,5 (0,0083)	0,5 (0,0083)	0,095 (0,0016)	0,095 (0,0016)

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Таблица 3

Скорость погружения семян в раствор изопропилового спирта в зависимости от продолжительности замачивания

Table 3

The rate of immersion of seeds in an isopropyl alcohol solution, depending on the duration of soaking

K, %	t, мин   t, minutes					
	5	30	60	120	180	1440
0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
25	4 (0,0667)	4 (0,0667)	12 (0,2)	1,43 (0,0239)	1,43 (0,0239)	1,43 (0,0239)
50	0 (0)	0 (0)	24 (0,4)	2,96 (0,0493)	2,96 (0,0493)	2,96 (0,0493)
75	162 (2,7)	162 (2,7)	6 (0,1)	12 (0,2)	12 (0,2)	12 (0,2)
99,7	162 (2,7)	162 (2,7)	8 (0,1333)	10 (0,1667)	10 (0,1667)	10 (0,1667)

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Анализируя табл. 2, отмечаем, что при концентрации  $K = 0$  % (чистая вода) средняя скорость погружения семян  $v_t = 0$  и их затопления не происходит при любой продолжительности замачивания, при концентрации  $K = 25$  % максимальная средняя скорость погружения семян  $v_t = 0,4$  %/ч наблюдается при  $t = 3$  ч, при  $K = 50$  % наибольшая средняя скорость  $v_t = 7,67$  %/ч имеет место при  $t = 4$  ч, при концентрации  $K = 75$  % максимум средней скорости  $v_t = 126$  %/ч видим при  $t = 0,5$  ч и при  $K = 96$  % –  $v_t = 900$  %/ч при  $t = 5$  мин.

При анализе табл. 3 можно аналогично отметить, что при концентрации  $K = 0$  % средняя скорость погружения семян  $v_t = 0$  и их затопления также не происходит при любой продолжительности замачивания, при концентрации  $K = 25$  % максимальная средняя скорость погружения семян  $v_t = 12$  %/ч наблюдается при  $t = 1$  ч, при  $K = 50$  % наибольшая средняя скорость  $v_t = 24$  %/ч также имеет место при  $t = 1$  ч, при концентрациях  $K = 75$  % и  $K = 99,7$  % максимум средней скорости  $v_t = 162$  %/ч видим при  $t = 0,5$  ч.

По формуле

$$V_K = \frac{\Delta n}{\Delta K}$$

рассчитана средняя скорость (%/%) затопления семян лиственницы сибирской в растворах этилового

(табл. 4) и изопропилового (табл. 5) спиртов в зависимости от их концентрации при определенной продолжительности замачивания. Здесь  $\Delta n$  – приращение затопленных семян при изменении концентрации на величину  $\Delta K$ .

Таблица 4

Скорость погружения семян в раствор этилового спирта в зависимости от его концентрации

Table 4

The rate of immersion of seeds in an ethyl alcohol solution, depending on its concentration

t, ч   t, hours	ΔK, мин   ΔK, minutes			
	25	50	75	96
1	0	0,16	2,4	1,0
3	0,04	0,76	1,96	0,762
24	0,12	1,24	1,44	0,81

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Таблица 5

Скорость погружения семян в раствор изопропилового спирта в зависимости от его концентрации

Table 5

The rate of immersion of seeds in a solution of isopropyl alcohol, depending on its concentration

t, ч   t, hours	ΔK, мин   ΔK, minutes			
	25	50	75	99,7
0,5	0	0	3,24	0
1	0,32	0,16	2,88	0,04
24	1,64	1,56	0,4	0

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Данные табл. 4 показывают, что максимальные средние скорости затопления семян в этиловом спирте отмечаются при концентрации  $K = 75\%$  во всех случаях и они равны 2,4, 1,96 и 1,44 %/о при продолжительности замачивания соответственно 1, 3 и 24 ч.

Из анализа данных табл. 5 вытекает, что максимальные средние скорости затопления семян в изопропиловом спирте наблюдаются при концентрации  $K = 75\%$  при продолжительности замачивания 0,5 и 1 ч и они соответственно равны 3,24 и

2,88 %/о, а также при концентрации  $K = 25\%$  при продолжительности замачивания 24 ч –  $v_t = 1,64\%$ .

Информация, содержащаяся в графиках рис. 2-4 и табл. 2-5, позволит в дальнейшем на практике готовить необходимые растворы и качественно проводить флотацию семян лиственницы сибирской за максимально короткое время.

На рис. 5 представлен сравнительный анализ количества затонувших семян в зависимости от плотности используемых спиртов.

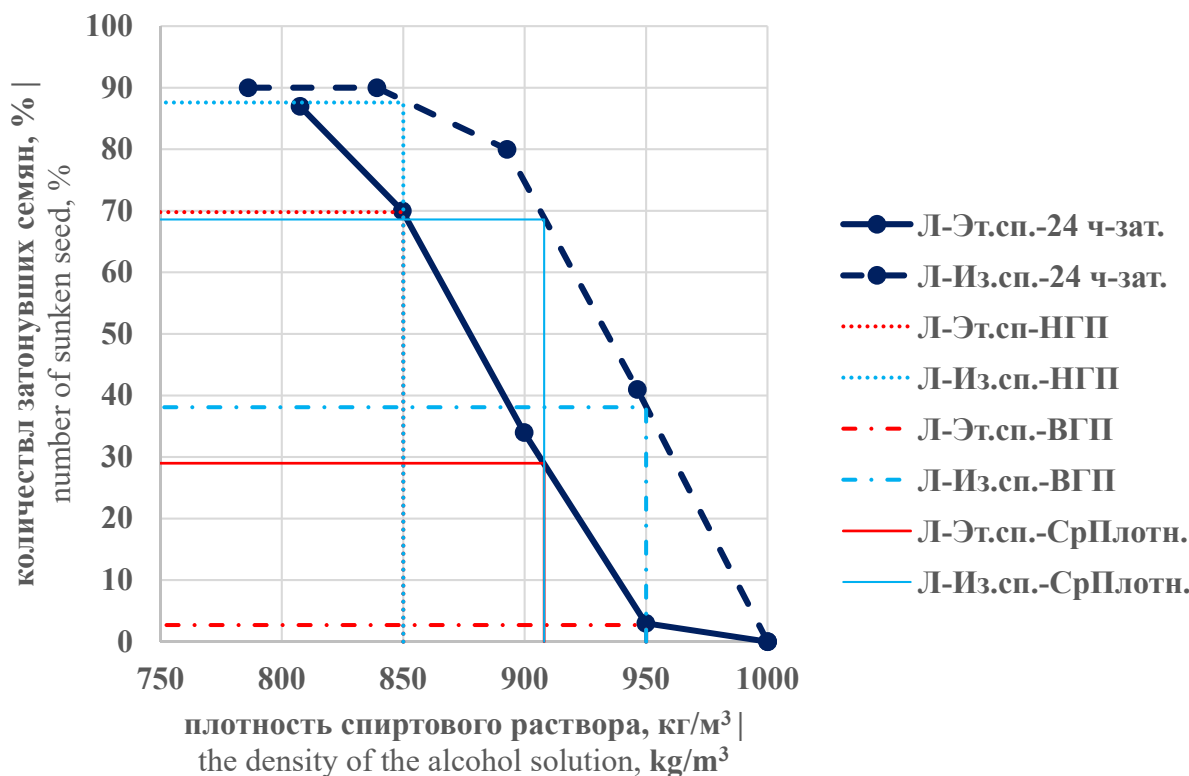


Рисунок 5. Зависимость количества затонувших семян лиственницы от плотности этилового и изопропилового спирта при 24-часовом замачивании

Figure 5. Dependence of the number of sunken larch seeds on the density of ethyl and isopropyl alcohol during 24-hour soaking

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own calculations

**Обсуждение**

Анализируя график (рис. 5) погружения семян лиственницы в раствор этилового спирта, видим, что при их нижней границе плотности (НГП), равной 850 кг/м³ [31] тонет примерно 69,8 % семян (при концентрации спирта более 70 %).

Отмечаем, что при верхней границе плотности (ВГП) семян, равной 950 кг/м³ [31], тонет примерно 2,7 % семян (при концентрации спирта более 24 %).

При их средней плотности (СрПлотн.), равной 909 кг/м³ (получена нами, а также [31]), тонет примерно 28,8 % семян (при концентрации спирта более 45%).

Аналогичный анализ выполнен и для графика с изопропиловым спиртом.

Видим, что при НГП семян тонет примерно 84,5 % семян (при концентрации спирта более 70%).

Отмечаем, что при их ВГП тонет примерно 38,1 % семян (при концентрации спирта более 24 %).

При их СрПлотн., тонет примерно 56,4 % семян (при концентрации спирта более 45%).

Нужно подчеркнуть, что для неразбавленного изопропилового спирта плотностью 786 кг/м³ наибольшее количество затонувших семян также ниже 90 %, т.е. подтверждаются выводы, сделанные к графикам рисунка 4. Около 10 % семян даже в набухшем состоянии при самой большой продолжительности замачивания, равной 24 ч, имеют плотность ниже минимальной плотности спирта (786 кг/м³), что не сходится с данными проф. ВГЛТУ Л.Т. Свиридова (2012) [31]. Причину этого расхождения нужно найти при продолжении исследований.

На основании этого необходимо подчеркнуть, что на рис. 2-5 представлены только предварительные результаты опытов. В дальнейшем их планируется уточнить.

Выполнена визуализация данных затонувших в этиловом и изопропиловом спиртах семян лиственницы с помощью статистической диаграммы боксплот (ящик с усами). При этом принята самая большая продолжительность замачивания – 24 ч, так как при ней наблюдается самый большой разброс данных. На рисунках 6 и 7 показана визуализация данных, представленных ранее соответственно на рис. 2 и 3 в виде точечных диаграмм.

Анализируя полученные статистические диаграммы, отмечаем, что межквартильный размах получился небольшим, что говорит о достаточно однородных значениях. Среднее арифметическое значение выше медианного на диаграмме с использованием этилового спирта и, наоборот, ниже – с использованием изопропилового. Выбросы на диаграммах не наблюдаются.

Наибольшее значение коэффициента вариации при исследованиях достигало 18,9 %, показателя точности опыта – 4,93 %. Это подтверждает удовлетворительную точность опытов.

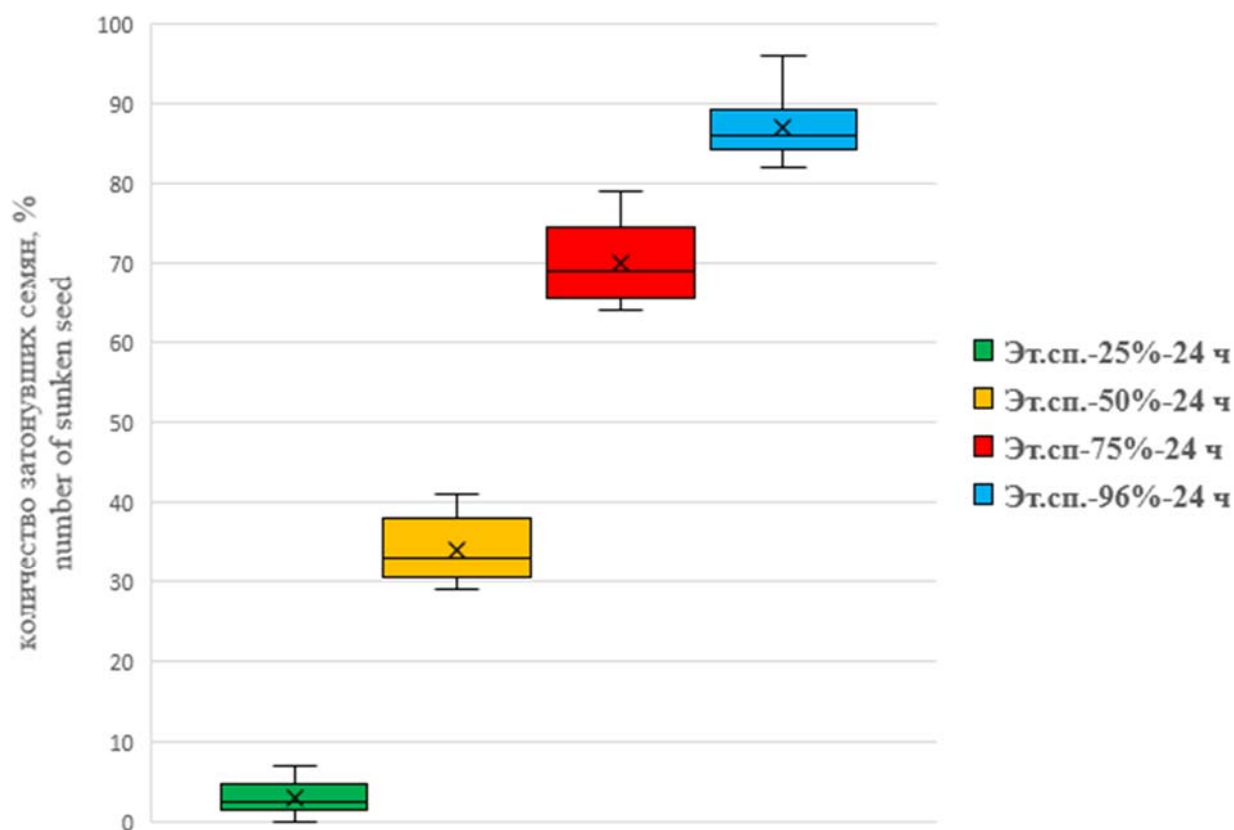


Рисунок 6. Визуализация данных с помощью статистической диаграммы боксплот затонувших семян лиственницы при 24-часовом замачивании в этиловом спирте

Figure 6. Visualization of data using a statistical boxplot diagram of sunken larch seeds during 24-hour soaking in ethyl alcohol

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

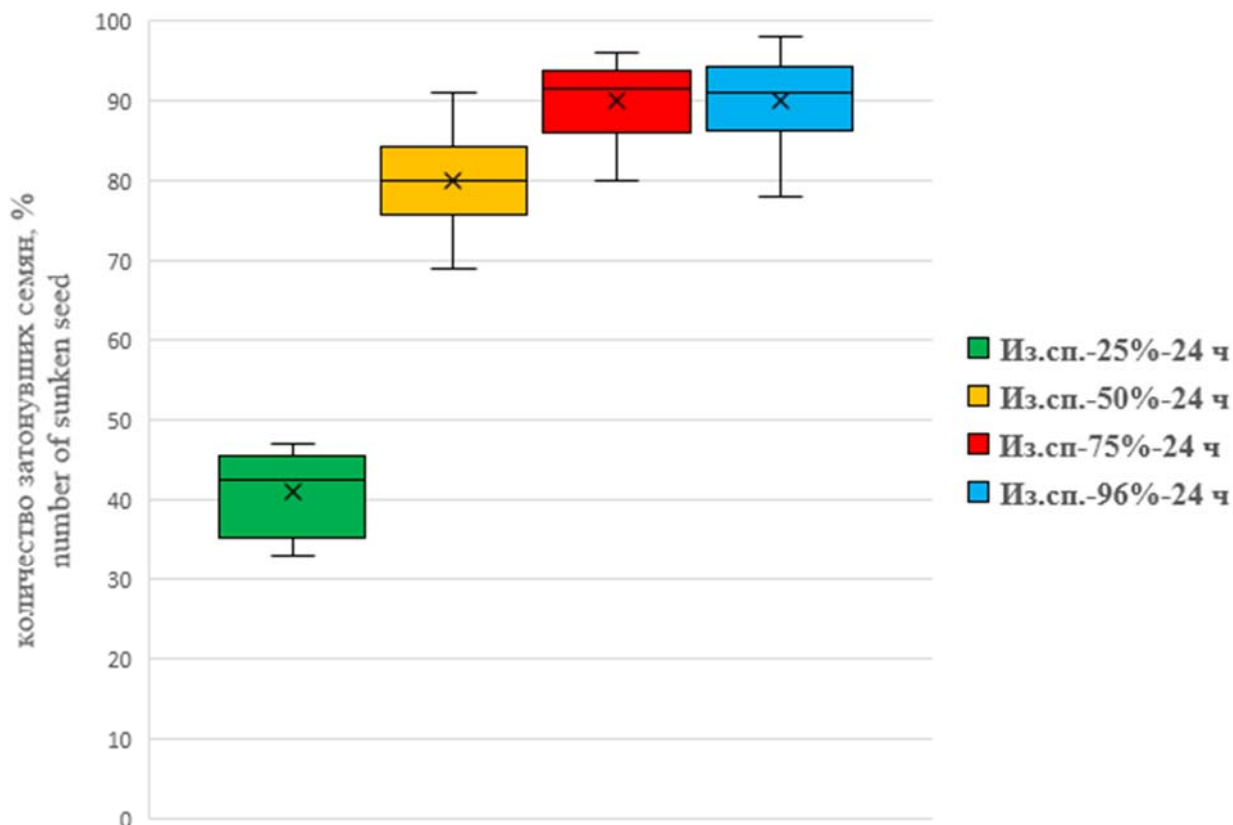


Рисунок 7. Визуализация данных с помощью статистической диаграммы боксплот затонувших семян лиственницы при 24-часовом замачивании в изопропиловом спирте

Figure 7. Visualization of data using a statistical boxplot diagram of sunken larch seeds during 24-hour soaking in isopropyl alcohol

Источник: собственные вычисления авторов  
Source: own calculations

### Заключение

Результаты исследований пористости, а также насыпной и истинной плотностей семян показали, что необходимо применять жидкости с плотностями меньше или равными  $908,8 \text{ кг/м}^3$ . Этому критерию отвечают этиловый спирт с концентрацией равной или больше 45 % ( $\rho_{\text{эт.сп}} \leq 908,0$ ), а также изопропиловый спирт с концентрацией равной или больше 43 % ( $\rho_{\text{из.сп}} \leq 908,0$ ). Вода не показала себя эффективной жидкостью для разделения семян по плотности.

В результате исследования установлено, что основная масса семян во всех приведенных случаях затонула в первые 3 часа замачивания. При этом при увеличении времени замачивания более 0,5 ч среди затонувших семян увеличивается процент пустых семян, что вызвано набуханием семян в

течение продолжительного намачивания в растворах. В связи с этим мы рекомендуем устанавливать время проведения флотации – 30 мин.

Установив количество полнозернистых семян в партии и процент затопления семян при разных концентрациях этилового и изопропилового спиртов и при разной продолжительности замачивания, мы пришли к выводу, что рациональными параметрами для проведения флотации семян лиственницы сибирской являются следующие:

– условия проведения флотации в этиловом спирте:  $t = 0,5 \text{ ч}$ ,  $K = 75 \%$ .

– условия проведения флотации в изопропиловом спирте:  $t \leq 0,5 \text{ ч}$ ,  $K = 75 \%$ .

При использовании спиртов в концентрациях менее 75 % необходимо более длительное замачивание семян, что может вызвать затопление в

том числе и пустых семян вследствие длительного набухания.

Сравнительный анализ применяемых спиртов показал, что в изопропиловом спирте при концентрациях от 25 % до 75 % при 24-часовом замачивании семена лиственницы тонут значительно в

большем количестве, чем в этиловом, так как он имеет меньшую плотность.

В дальнейшем нами планируется повторить результаты проведенных опытов и, в случае необходимости, их уточнить.

### Список литературы

1. Mahmut, D.A. Using flotation in ethanol to separate filled and empty seeds of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* / Mahmut D. Avsar // *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(25), 2010. – Pp. 3822-3827. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/266441184>.
2. Милютин, Л.И. Биоразнообразие лиственниц России / Хвойные бореальной зоны, 21 (1), 2003. – С. 6-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11659563>.
3. Есичев, А.О. Видоспецифичность пигментного состава хвои представителей рода лиственница / А.О. Есичев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов // Хвойные бореальной зоны. – 2021. – Т. 39, № 4. – С. 313-321. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47174625>.
4. Андреева, М.В. Влияние климатических факторов на ширину годичных колец лиственницы сибирской в верховьях Иртыша / М.В. Андреева, Д. Жанг // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 530-544. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42392082>.
5. Шевелев, С.Л. Особенности депонирования углерода в древостоях лиственницы Нижнего Приангарья / С.Л. Шевелев, Н.Н. Кулакова // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – Т. 40, № 4. – С. 312-317. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49725088>.
6. Ирошников, А.И. Лиственницы России. Биоразнообразие и селекция / А.И. Ирошников. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 182 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25853157>.
7. Улитин, М.М. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) при интродукции в нижегородской области / М.М. Улитин, В.П. Бессчетнов // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, 6 (378), 2020. – С. 33-41. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44411159>.
8. Сапарклычева, С.Е. Противомикробные свойства лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) / С.Е. Сапарклычева, В.В. Чулкова // *Вестник биотехнологии*. – 2020. – № 2 (23). – С. 16. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43977257>.
9. Интродукция кедра и лиственницы в условиях Кольского Заполярья / Л.Г. Исаева, В.В. Ершов, Г.П. Урбанавичюс, Е.А. Боровичев // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*, № 4, 2023. – С. 41-57. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54253730>.
10. Седельникова, Т.С. Особенности пыльцы внутривидовых форм лиственницы сибирской в контрастных экотопах Южной Сибири / Т.С. Седельникова, А.С. Аверьянов, А.В. Пименов // *Лесоведение*. – 2021. – № 3. – С. 265-277. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45632909>.
11. Демаков, Ю.П. Особенности радиального прироста деревьев в культурах лиственницы сибирской / Ю. П. Демаков // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. – 2023. – № 1 (57). – С. 43-57. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54113669>.
12. Оценка состояния генофонда западной расы лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) Урала на основании полиморфизма микросателлитных маркеров / Ю.С. Васильева, Я.В. Сбоева, Н.В. Чертов, А.А. Жуланов // *Бюллетень науки и практики*. – 2019. – Т. 5, № 12. – С. 98-110. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41587516>.
13. Рысин, Л.П. Лиственничные леса России / Л.П. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК. 2010. – 343 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19140970>.

14. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область / А. О. Есичев, Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, Н.А. Бабич, Е.Ж. Кентбаев, Б.А. Кентбаева // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 1. – С. 17-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47942472>.
15. Улитин, М.М. Особенности создания лесных культур лиственницы сибирской на территории Нижегородской области / М.М. Улитин // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2020. – № 58. – С. 64-66. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44172900>.
16. Внутривидовая изменчивость состояния ксилемы побегов лиственницы сибирской при интродукции в Нижегородскую область / А.О. Есичев, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов, Е.Ж. Кентбаев, Б.А. Кентбаева // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2021. – № 3(51). – С. 28-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46942707>.
17. Улитин, М.М. Эффективность создания лесных культур лиственницы Сукачева в Нижегородской области / М.М. Улитин, В.П. Бессчетнов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. – № 237. – С. 131-150. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47445998>.
18. Логунов, Д.В. Характеристика адаптивных признаков видов лиственницы (*Larix Mill.*) в условиях г. Н. Новгорода / Д.В. Логунов // Вестник Нижегородского государственного агротехнологического университета. – 2024. – № 1(41). – С. 21-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=65311806>.
19. Карбасникова, Е.Б. Повышение качества партии семян лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) денсиметрическим методом / Е.Б. Карбасникова, С.Е. Грибов, А.А. Карбасников // Заметки ученого. – 2019. – № 4(38). – С. 21-24. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43015067>.
20. Морфометрические показатели шишек и качество семян на лесосеменных плантациях лиственницы европейской / Н.К. Крук, Н.И. Якимов, П.В. Тупик, А.В. Юренин // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2021. – № 1 (240). – С. 52-57. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44694925>.
21. Hall, J.P. Microsporogenesis, pollination and potential yield of seed of *Larix* in N.E. Scotland / J.P. Hall, I.R. Brown // *Silvae genet.* – Vol.25, № 3-4, 1976. – P. 132-137. DOI: [https://www.thuenen.de/media/institute/fg/PDF/Silvae\\_Genetica/1976/Vol\\_25\\_Heft\\_3-4/25\\_3-4\\_132.pdf](https://www.thuenen.de/media/institute/fg/PDF/Silvae_Genetica/1976/Vol_25_Heft_3-4/25_3-4_132.pdf).
22. Avsar, M.D. Effects of flotation technique and time on separating filled seeds of Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) by flotation in water. // *Kahramanmaras Sutcu Imam Univ. Sci. Eng.* 5 (2), 2002. – Pp. 28-36. DOI: <https://arastirmax.com/en/system/files/dergiler/181524/makaleler/5/2/arastirmax-dalliservide-cupressus-sempervirens-l.var.horizontalis-mill.gord.suda-yuzdurme-ile-dolu-tohumlarin-ayrilabilmesinde-yuzdurme-teknigi-suresinin-etkileri.pdf>.
23. McLemore, B.F. Pentane flotation for separating full and empty longleaf pine seeds / B.F. McLemore // *Sci.* 11(2), 1965. – Pp. 242-243. DOI: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/64012>.
24. Barnett, J.P. Flotation in ethanol affects storability of spruce pine seeds / J.P. Barnett // *Tree Planters' Notes*, 21(4), 1970. – Pp. 18-19. DOI: [https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja\\_barnett018.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_barnett018.pdf).
25. Studies on determination of effects of some simple classification methods to be applied to Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) seeds before sowing on seed germination / H.C. Gultekin, S. Gulcu, U.G. Gultekin, A. Divrik // *Kafkas Univ. Artvin Faculty of Forestry*, № 1-2, 2003. – Pp. 111-120. DOI: <https://ofd.artvin.edu.tr/pub/issue/2252/29673>.
26. Petroleum flotation technique upgrades the germinability of *Casuarina equisetifolia* seed lots / V. Sivakumar, R. Anandalakshmi, R.R. Warriar, B.G. Singh, M. Tigabu, P.C. Oden // *New For.* № 34, 2007. – Pp. 281 -291. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/226350429>.
27. Зеленьяк, А.К. Интенсивность семеношения лиственницы сибирской на клоновой плантации / А.К. Зеленьяк, А.П. Иозус // *Современные проблемы науки и образования*, № 6, 2012. – С. 666. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23221001>.



28. Flotation techniques to improve viability of *Juniperus polycarpus* seed lots / Abolfazl Daneshvar, Muualem Tigabu, Asaddollah Karimidoost, Per Christer Oden // *J. For. Res.*, № 28, 2017. – Pp. 231-239. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/299631481>.

29. Farjon, A.A. A Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys / A.A. Farjon // Royal Botanic Gardens, Kew, 2005. – 643 P. DOI: [https://books.google.ru/books/about/A\\_monograph\\_of\\_Cupressaceae\\_and\\_Sciadopiti](https://books.google.ru/books/about/A_monograph_of_Cupressaceae_and_Sciadopiti)

30. Тупик, П.В. Повышение качества семян хвойных интродуцентов методом флотации / П.В. Тупик // Проблемы лесоведения и лесоводства : сборник научных трудов; Национальная академия наук Беларуси, Институт леса. Выпуск 68. – Минск : Институт леса Национальной академии наук Беларуси, 2008. – С. 290-298. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45757621>

31. Свиридов, Л.Т. Свойства лесных семян, плодов-бобов и обоснование технологий, конструкций и параметров семяочистительных машин: монография/ Л.Т. Свиридов. – Воронеж, ВГЛТА, 2012. – 312 с. DOI: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006525893>.

### References

1. Mahmut D.A. Using flotation in ethanol to separate filled and empty seeds of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana*. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 9(25), 2010, pp. 3822-3827. DOI: // <https://www.researchgate.net/publication/266441184>.

2. Milyutin L.I. *Bioraznoobrazie listvennits Rossii* [Biodiversity of Russian larches] *Khvoynye boreal'noy zony*, 21 (1), 2003, pp. 6-9. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11659563>. (In Russian).

3. Esichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. *Vidospetsifichnost' pigmentnogo sostava khvoi predstaviteley roda listvennitsa* [Species specificity of the pigment composition of needles of representatives of the genus larch] *Khvoynye boreal'noy zony*, 39 (4), 2021, pp. 313-321. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47174625> (In Russian).

4. Andreeva, M.V., Zhang D. *Vliyanie klimaticheskikh faktorov na shirinu godichnykh kolets listvennitsy sibirskoy v verkhov'yakh Irtysha* [The influence of climatic factors on the width of annual rings of Siberian larch in the upper reaches of the Irtysh] *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*, 64 (4), 2019, pp. 530-544. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42392082> (In Russian).

5. Shevelev S.L., Kulakova N.N. *Osobennosti deponirovaniya ugleroda v drevostoyakh listvennitsy Nizhnego Priangara'ya* [Features of carbon deposition in larch stands of the Lower Angara region] *Khvoynye boreal'noy zony*, 40 (4), 2022, pp. 312-317. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49725088> (In Russian).

6. Iroshnikov A.I. *Listvennitsy Rossii. Bioraznoobrazie i selekciya* [Larches of Russia. Biodiversity and selection]. Moscow: ARRISMF, 2004, 182 P. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25853157>. (In Russian).

7. Ulitin M.M., Besschetnov V.P. *Sravnitel'naya otsenka taksatsionnykh pokazateley lesnykh kul'tur listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica) pri introduktsii v nizhegorodskoy oblasti* [Comparative assessment of the taxation indicators of Siberian larch (*Larix sibirica*) forest crops during introduction in the Nizhny Novgorod region] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, 6 (378), 2020, pp. 33-41. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44411159> (In Russian).

8. Saparklycheva S.E., Chulkova V.V. *Protivomikrobnnye svoystva listvennitsy sibirskoy (larix sibirica Ledeb.)* [Antimicrobial properties of Siberian larch (*larix sibirica* Ledeb.)] *Vestnik biotekhnologii*, № 2 (23), 2020, p. 16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43977257>. (In Russian).

9. Isaeva L.G., Ershov V.V., Urbanavichyus G.P., Borovichev E.A. *Introduktsiya kedra i listvennitsy v usloviyakh Kol'skogo Zapolyar'ya* [Introduction of cedar and larch in the conditions of the Kola Arctic] *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal*, № 4, 2023, pp. 41-57. (In Russian).

10. Sedel'nikova T.S., Averk'yanov A.S., Pimenov A.V. *Osobennosti pyl'tsy vnutrividovykh form listvennitsy sibirskoy v kontrastnykh ekotopakh Yuzhnoy Sibiri* [Features of pollen of intraspecific forms of Siberian larch in contrasting ecotopes of Southern Siberia] *Lesovedenie*, № 3, 2021, pp. 265-277. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45632909>. (In Russian).

11. Demakov Yu.P. *Osobennosti radial'nogo prirosta derev'ev v kul'turakh listvennitsy sibirskoy* [Features of radial tree growth in Siberian larch crops] Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie, № 1 (57), 2023, pp. 43-57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54113669>. (In Russian).
12. Vasil'eva Yu.S., Sboeva Ya.V., Chertov N.V., Zhulanov A.A. *Otsenka sostoyaniya genofonda zapadnoy rasy listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica Ledeb.) Urala na osnovanii polimorfizma mikrosatellitnykh markerov* [Assessment of the state of the gene pool of the Western Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) of the Urals on the basis of polymorphism of microsatellite markers] Byulleten' nauki i praktiki, 5 (12), 2019, pp. 98-110. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41587516> (In Russian).
13. Rysin L.P. *Listvennichnye lesa Rossii* [Larch forests of Russia]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, 343 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19140970>. (In Russian).
14. Esichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Babich N.A., Kentbaev E.Zh., Kentbaeva B.A. *Soderzhanie i balans zapasnykh veshchestv v pobegakh listvennitsy sibirskoy v usloviyakh reintroduktsii v Nizhegorodskuyu oblast'* [The content and balance of spare substances in Siberian larch shoots under conditions of reintroduction to the Nizhny Novgorod region] Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin, 26 (1), 2022, pp. 17-27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47942472> (In Russian).
15. Ulitin M.M. *Osobennosti sozdaniya lesnykh kul'tur listvennitsy sibirskoy na territorii Nizhegorodskoy oblasti* [Features of the creation of Siberian larch forest crops in the Nizhny Novgorod region.] Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa, № 58, 2020, pp. 64-66. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44172900> (In Russian).
16. Esichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbaev E.Zh., Kentbaeva B.A. *Vnutrividovaya izmenchivost' sostoyaniya ksilemy pobegov listvennitsy sibirskoy pri introduktsii v Nizhegorodskuyu oblast'* [Intraspecific variability of the xylem state of Siberian larch shoots during introduction to the Nizhny Novgorod region.] Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie, № 3(51), 2021, pp. 28-40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46942707> (In Russian).
17. Ulitin M.M., Besschetnov V.P. *Effektivnost' sozdaniya lesnykh kul'tur listvennitsy Sukacheva v Nizhegorodskoy oblasti* [The effectiveness of the creation of Sukachev larch forest crops in the Nizhny Novgorod region]. Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii, № 237, 2021, pp. 131-150. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47445998> (In Russian).
18. Logunov D.V. *Kharakteristika adaptivnykh priznakov vidov listvennitsy (Larix Mill.) v usloviyakh g. N. Novgoroda* [Characteristics of adaptive features of larch species (*Larix* Mill.) in the conditions of the city of Nizhny Novgorod] Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta, № 1 (41), 2024, pp. 21-27. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=65311806> (In Russian).
19. Karbasnikova E.B., Gribov S. E., Karbasnikov A.A. *Povyshenie kachestva partii semyan listvennitsy sibirskoy (larix sibirica) densimetricheskim metodom* [Improving the quality of a batch of Siberian larch (*larix sibirica*) seeds by the densimetric method.] Zаметki uchenogo, № 4(38), 2019, pp. 21-24. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43015067> (In Russian).
20. Kruk N.K., Yakimov N.I., Tupik P.V., Yurenaya A.V. *Morfometricheskie pokazateli shishek i kachestvo semyan na lesosemennykh plantatsiyakh listvennitsy evropeyskoy* [Morphometric indicators of cones and seed quality on European larch plantations] Trudy BGTU. Seriya 1: Lesnoe khozyaystvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovlyaemykh resursov, № 1 (240), 2021, pp. 52-57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44694925> (In Russian).
21. Hall J.P., Brown I.R. Microsporogenesis, pollination and potential yield of seed of *Larix* in N.E. Scotland. *Silvae genet*, vol.25, № 3-4, 1976, pp. 132-137. DOI: [https://www.thuenen.de/media/institute/fg/PDF/Silvae\\_Genetica/1976/Vol\\_25\\_Heft\\_3-4/25\\_3-4\\_132.pdf](https://www.thuenen.de/media/institute/fg/PDF/Silvae_Genetica/1976/Vol_25_Heft_3-4/25_3-4_132.pdf).
22. Avsar M.D. Effects of flotation technique and time on separating filled seeds of Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* (Mill.) Gord.) by flotation in water. *Kahramanmaras Sutcu Imam Univ. Sci. Eng.* 5 (2), 2002, pp. 28-36. DOI: <https://arastirmax.com/en/system/files/dergiler/181524/makaleler/5/2/arastirmax-dalli-servide->

cupressus-sempervirens-l.var.horizontalis-mill.gord.suda-yuzdurme-ile-dolu-tohumlarin-ayrilabilmesinde-yuzdurme-teknigi-suresinin-etkileri.pdf.

23. McLemore B.F. Pentane flotation for separating full and empty longleaf pine seeds. *Sci.* 11(2), 1965, pp. 242-243. DOI: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/64012>.

24. Barnett J.P. Flotation in ethanol affects storability of spruce pine seeds. *Tree Planters' Notes*, 21(4), 1970, pp. 18-19. DOI: [https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja\\_barnett018.pdf](https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_barnett018.pdf).

25. Gultekin H.C., Gulcu S., Gultekin U.G., Divrik A. Studies on determination of effects of some simple classification methods to be applied to Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) seeds before sowing on seed germination. *Kafkas Univ. Artvin Faculty of Forestry*, № 1-2, 2003, pp. 111-120. DOI: <https://ofd.artvin.edu.tr/tr/pub/issue/2252/29673>.

26. Sivakumar V., Anandalakshmi R., Warriar R.R., Singh B.G., Tigabu M., Oden P.C. Petroleum flotation technique upgrades the germinability of *Casuarina equisetifolia* seed lots. *New For*, № 34, 2007, pp. 281-291. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/226350429>.

27. Zelenyak A.K., Iozus A.P. *Intensivnost' semenosheniya listvennitsy sibirskoy na klonovoy plantatsii* [The intensity of seed production of Siberian larch on a clone plantation] *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, № 6, 2012, p. 666. Tochka dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23221001>.

28. Daneshvar, A., Tigabu M., Karimidoost A., Oden P.C. Flotation techniques to improve viability of *Juniperus polycarpos* seed lots. *J. For Res.*, № 28, 2017, pp. 231-239. DOI: <https://www.researchgate.net/publication/299631481>

29. Farjon A.A. *Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew, 2005, 643 p. DOI: [https://books.google.ru/books/about/A\\_monograph\\_of\\_Cupressaceae\\_and\\_Sciadopitys](https://books.google.ru/books/about/A_monograph_of_Cupressaceae_and_Sciadopitys).

30. Tupik P.V. *Povyshenie kachestva semyan khvoynykh introdutsentov metodom flotatsii* [Improving the quality of coniferous introduced seeds by flotation method] *Problemy lesovedeniya i lesovodstva : sbornik nauchnykh trudov; Natsional'naya akademiya nauk Belarusi, Institut lesa. Vypusk 68*. Minsk : Institut lesa Natsional'noy akademii nauk Belarusi, 2008, pp. 290-298. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45757621>. (In Russian).

31. Sviridov L.T. *Svoystva lesnykh semyan, plodov-bobov i obosnovanie tekhnologiy, konstruksiy i parametrov semyaochistitel'nykh mashin* [Properties of forest seeds, bean fruits and justification of technologies, designs and parameters of seed cleaning machines: monograph]. Voronezh, VGLTA, 2012, 312 p. DOI: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006525893>. (In Russian).

## Сведения об авторах

*Лавренов Максим Александрович* – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ЛТ1-МФ, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи, Московская обл., 141005, Российская Федерация, e-mail: [lavrenov@mgul.ac.ru](mailto:lavrenov@mgul.ac.ru).

*Котов Алексей Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры ЛТ1-МФ, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи, Московская обл., 141005, Российская Федерация, e-mail: [kotov@mgul.ac.ru](mailto:kotov@mgul.ac.ru).

*Алябьев Алексей Федорович* – доктор технических наук, профессор кафедры ЛТ7-МФ, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, ул. 1-я Институтская, 1, г. Мытищи, Московская обл., 141005, Российская Федерация, e-mail: [alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru).

## Information about the authors

*Maxim A. Lavrenov* – Cand. Sc. (Agriculture), associate professor of the department LT-1, BMSTU (Mytishchi branch), 1-ya Institutskaya st., 1, Mytishchi, Moscow region, 141005, Russian Federation, e-mail: [lavrenov@mgul.ac.ru](mailto:lavrenov@mgul.ac.ru).

*Alexey A. Kotov* – Dr. Sci. (Technical), Prof. of the department LT-1 BMSTU (Mytishchi branch), 1-ya Institutskaya st., 1, Mytishchi, Moscow region, 141005, Russian Federation, e-mail: [kotov@mgul.ac.ru](mailto:kotov@mgul.ac.ru).

*Alexey F. Alyabyev* – Dr. Sci. (Technical), Prof. of the department LT-7 BMSTU (Mytishchi branch), 1-ya Institutskaya st., 1, Mytishchi, Moscow region, 141005, Russian Federation, e-mail: [alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru).

✉ Для контактов | Corresponding author