

Научная статья

УДК 631.362

EDN XUGJBX

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-88-97>

Разделение зерносмеси гречихи и сои

**Василий Александрович Марьин¹, Александр Леонидович Верещагин²,
Андрей Александрович Иванов³**

^{1,3} ООО «Алтай», Алтайский край, Бийск, Россия

² Бийский технологический институт – филиал Алтайского государственного технического университета, Алтайский край, Бийск, Россия

¹ tehbiysk@mail.ru, ² val@bti.secna.ru, ³ newandron@mail.ru

Аннотация. Описана технологическая схема разделения партии смеси зерна гречихи и сои. На основании проведенного анализа геометрических размеров зерна гречихи, сои и примесей осуществлен подбор формы и размера отверстий сит. Сформированы признаки делимости и разработана технологическая схема для разделения зерна гречихи и сои. Технологическая схема включает два этапа: очистку от сорной примеси и разделение зерновой смеси. Испытания проводились на отечественном оборудовании, для чего использовалось существующее зерноочистительное оборудование перерабатывающего предприятия. Полученные результаты исследования позволяют сделать вывод, что разделение смеси зерна сои и гречихи целесообразно и экономически оправдано. Экономический эффект разделения партии зерносмеси массой 50 тонн составил 541 360 руб.

Ключевые слова: гречиха, соя, сорные и зерновые примеси, зерновая смесь, разделение зерна, очистка зерна, технологическая линия

Для цитирования: Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А. Разделение зерносмеси гречихи и сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 2. С. 88–97. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-88-97>.

Original article

Separation of grain mixtures of buckwheat and soybeans

Vasily A. Maryin¹, Alexander L. Vereshchagin², Andrey A. Ivanov³

^{1,3} LLC "Altai", Altai krai, Biysk, Russian Federation

² Biysk Technological Institute – branch of the Altay State Technical University
Altai krai, Biysk, Russian Federation

¹ tehbiysk@mail.ru, ² val@bti.secna.ru, ³ newandron@mail.ru

Abstract. The technological scheme of separation of a batch of a mixture of buckwheat and soy grains is presented. The analysis of the geometric dimensions of buckwheat, soybeans, and grain impurities allowed us to select the shapes and sizes of the sieve openings. The signs of divisibility have been established and a technological scheme for separating buckwheat and soy grains has been developed. It includes purification from weeds and separation of the grain mixture. The tests were carried out on domestic grain cleaning equipment. The obtained research results allow us to conclude that the separation of a mixture of soybeans and buckwheat is economically feasible. The effect of separating a batch of grain mixtures weighing 50 tons was 541,360 rubles.

Keywords: buckwheat, soybeans, weeds and grain impurities, grain mixture, grain separation, grain purification, processing line

For citation: Maryin V. A., Vereshchagin A. L., Ivanov A. A. Separation of grain mixtures of buckwheat and soybeans. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;2:88–97. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-2-88-97>.

Введение. Поступающая на предприятие зерновая масса по своему составу неоднородна, так как помимо основной культуры в ней содержатся сорные и зерновые примеси. Они снижают продовольственное достоинство и технологические качества зерна [1, 2]. Присутствие большого количества примесей вызывает необходимость многоступенчатой очистки зерна, что приводит к удорожанию стоимости переработки и не всегда экономически целесообразно [3, 4]. Примеси в зерновой массе усложняют хранение и переработку зерна, ухудшают качество, снижают выход готовой продукции.

Качество зерна и продуктов его переработки нормируется стандартами, которые определяют, что у данной культуры считается основным зерном, сорной и зерновой примесями [5]. Различают следующие состояния зерна гречихи по содержанию сорной примеси (табл. 1).

Очистку зерна до требований, установленных для крупяной промышленности, проводят в процессе хранения или при подготовке зерна к переработке, так как наличие посторонних примесей является одним из важнейших показателей, определяющих технологические свойства и качество зерна [6, 7].

При переработке зерна экономическая эффективность складывается из таких показателей как качество, себестоимость, закупочная цена зерна и цена реализации готовой продукции. Нередко на рынке присутствуют партии зерна гречихи с содержанием зерновой примеси, зерна другой культуры, снижающие ее продовольственную ценность. Такое зерно при-

годно для переработки после выделения указанных примесей, что позволяет рационально и эффективно использовать его для получения готового продукта. Однако сложности при очистке приводят к тому, что такие партии, как правило, используют на кормовые или технические цели [8].

Переработка партий зерна в крупную ядрицу осуществляется в соответствии Правилами организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях, согласно которым зерно должно отвечать требованиям нормативно-технической документации. Поэтому перед переработкой сорную и зерновую примесь необходимо полностью или частично удалить из партии [9].

Для решения указанных задач и снижения затрат на переработку сорного зерна с целью повышения качества выработанной продукции необходимо совершенствовать и разрабатывать поточные очистительные технологии непосредственно в цехах переработки зерна [10, 11].

В настоящее время существует недостаточно информации об использовании такого рода технологических процессов. Поэтому данные исследования представляются актуальными и имеют практическую значимость.

Целью работы явилась разработка технологии разделения смеси гречихи и сои и установление ее экономической целесообразности.

Объекты и методы исследований. В качестве объекта исследований использовали смесь зерна гречихи и сои, выращенной в предгорной части Алтайского края в условиях 2024 года.

Таблица 1 – Состояния зерна гречихи по сорной и зерновой примеси
Table 1 – States of buckwheat grain according weed and grain admixture

В процентах (in percent)

Показатели	Чистое	Средней чистоты	Сорное	Зерносмеси
Сорная примесь	не более 1,0	1,1–3,0	более 3,1	–
Зерновая примесь	не более 2,0	2,1–4,0	более 3,1	более 10,0

В последние годы все более широкое распространение получили смешанные посевы зерновых культур. Интерес к смешанным посевам связан с возможностью сбора с единицы площади большего урожая, чем при возделывании тех же культур в чистых посевах, а также получения продукции, сбалансированной по потребительским качествам с сохранением плодородия почвы.

Собственником зерна было принято решение разделить указанную зерносмесь и реализовать каждую культуру отдельно. При разделении зерна одним из основных требований являлась возможность до-

биться полного разделения двух культур с возможностью реализации каждой из них как монокультуры.

Оценку эффективности работы технологической линии оценивали по чистоте разделенных зерновых культур. Фактические показатели качества зерновой смеси гречихи и сои представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Как следует из представленных данных, в зерновой смеси содержится 48,2 % гречихи и 45,6 % целой и битой сои. Таким образом, до половины зерна сои является битым, что значительно осложняет разделение данных культур.

Таблица 2 – Фактические показатели качества зерновой смеси гречихи и сои и нормативные требования по качеству зерна гречихи и зерна сои

Table 2 – Actual quality indicators of a grain mixture of buckwheat and soybeans and regulatory requirements for the quality of buckwheat and soybean grains

Показатели	Фактические	Требования государственных стандартов	
		гречиха	соя
Влажность, не более %	14,0	14,5	12,0
Сорная примесь, не более %	6,2	2,0	2,0
Масличная примесь, % в том числе битая	23,5 17,5	– –	6,0 –
Зерновая примесь, не более %	–	2,0	–
Зерно гречихи, %	48,2	–	–
Зерно сои, %	22,1	–	–
Зараженность вредителями	не обнаружено	не допускается	не допускается



Рисунок 1 – Фактическое качество зерновой смеси зерна гречихи и сои
Figure 1 – The actual quality of the grain mixture of buckwheat and soybeans

При подготовке проведения эксперимента были разработаны общая технологическая схема и методология проведения экспериментальной работы.

Испытания проводились в производственных условиях. Образцы для исследований были отобраны в местах отбора проб. Отбор и формирование партий зерна для исследования проводили согласно требованиям ГОСТ 13586.3–2015 «Зерно. Правила приемки и методы отбора проб».

Достоверность полученных результатов подтверждена разделением 50 тонн зерновой смеси гречихи и сои. Для выполнения работы использовали стандартные методы оценки качества. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

Результаты исследований. Проведенный анализ используемой для исследования зерновой смеси гречихи и сои показал присутствие 10 видов примесей, в частности битой сои, органической примеси, плоских зерен гречихи, склеротинии, льна, морозобойной сои, битой и обрубленной гречихи и др.

Выполненный лабораторный анализ геометрических размеров зерна гречихи, сои и примесей позволил подобрать форму и размер отверстия сит для разделения указанных компонентов зерновой примеси. Это позволило сформировать признаки делимости зерновой массы и способы ее разделения.

В действующей зерноочистительной технологии предприятия был использован способ очистки и разделения зерносмеси

по форме, толщине, длине и цвету. Для этого применялись: сепаратор предварительной очистки, сепаратор для выделения примесей, камнеотборник, триер. Для разделения зерносмеси были задействованы два сепаратора зерна и фотосепаратор.

Сравнительный анализ размеров зерна гречихи и зерна сои представлен в таблице 3. Как следует из представленных данных, зерно сои и гречихи близки по геометрическим размерам.

В этой связи разделение смеси гречихи и сои по традиционной схеме, где общепринятым является способ очистки зерна на основе аспирирования и просеивания, возможно только при условии значительных потерь зерна гречихи вместе с соей в отходы, что может приводить к неэффективности использования для переработки такого зерна в крупу. Поэтому для качественного разделения зерновых смесей требуется применение новых технических решений, основанных на включении рабочих органов с учетом различных признаков разделяемых компонентов.

При использовании современных технологий при доведении сорного зерна до требуемых кондиций необходимо максимально минимизировать затраты для получения наиболее высокой эффективности разделения. Используемые зерноочистительные машины должны обеспечивать оптимальную загрузку и требуемый уровень качества очистки зерна.

Принятые в настоящее время технологии (специальные машины), когда компоненты зерносмеси различаются между

Таблица 3 – Фактические показатели качества зерновой смеси гречихи и сои и нормативные требования по качеству зерна гречихи и зерна сои

Table 3 – Actual quality indicators of a grain mixture of buckwheat and soybeans and regulatory requirements for the quality of buckwheat and soybean grains

Показатели	Фактические	Требования государственных стандартов	
		гречиха	соя
Влажность, не более %	14,0	14,5	12,0
Сорная примесь, не более %	6,2	2,0	2,0
Масличная примесь, % в том числе битая	23,5 17,5	— —	6,0 —
Зерновая примесь, не более %	—	2,0	—
Зерно гречихи, %	48,2	—	—
Зерно сои, %	22,1	—	—
Зараженность вредителями	не обнаружено	не допускается	не допускается

собой по какому-либо признаку разделения, условно можно разделить на несколько групп:

1. По геометрическим размерам.
2. По аэродинамическим свойствам.
3. По плотности.
4. По состоянию и форме поверхности.
5. По цвету.

При возникновении требований, когда для разделения зерновой примеси требуется использовать несколько различных признаков делимости, зерновая смесь пропускается через несколько последовательно установленных специальных машин различного воздействия. Примеси поэтапно выделяются на каждом рабочем органе, а очищенное зерно основной культуры получают на выходе технологической линии.

Практически все представленные машины имеют низкую производительность и ориентированы на выделение узкого спектра засорителей, поэтому имеют длительную окупаемость и не получили широкого распространения не только при переработке зерна, но даже при подготовке семенного материала. Связано это также с тем, что даже отдельные примеси могут различаться как геометрическими размерами, так и по цвету [12, 13].

Таким образом, для решения указанных проблем необходима модернизация существующих технологических линий зерноочистки крупных предприятий для использования зерна, не соответствующего требованиям нормативно-технической документации при выработке крупы ядрицы высших сортов.

В отдельных случаях в соответствии с правилами [9], для переработки таких партий использованы технологические методы, включающие:

- 1) объединение схожих партий зерна по засоренности с последующей подработкой, несмотря на потери доброкачественного зерна в отходы;
- 2) снижение массовой доли зерновой и сорной примесей путем подсортировки сорного зерна к зерну, соответствующему нормативным требованиям.

Полученные результаты при использовании данных методов позволяют утверждать о значительных потерях основного

зерна в отходы и увеличении массовой доли зерносмесей, что делает их применение неэффективным.

Способ очистки зерна гречихи с высоким содержанием сорной и зерновой примеси по предложенной технологии показан на рисунке 2. Указанная схема является усовершенствованной.

Работу предложенной схемы разделения смеси гречихи и сои можно разделить на два этапа: очистка от сорной примеси и процесс разделения зерна.

Предложенная схема работает следующим образом. Первый этап включает проход через стандартную зерноочистку предприятия и позволяет добиться очистки зерносмеси от сорной примеси:

- на предварительной очистке удаляются крупные примеси, в том числе части растений и мелкая легкая примесь, пыль, органическая примесь, рудяк;

- на сепараторе отделяются сходом с верхнего сита крупные примеси, оставшиеся после предварительной очистки, и проходом нижнего сита лен, карлык, склеротиния, плоские зерна, битая и обрушенная гречиха, мелкие зерна битой сои;

- на камнеотборнике отбираются минеральные примеси;

- на триере отделяются удлиненные примеси палочки и склеротинии;

- разделенные на первом и втором сепараторах сходом с треугольных сит целые и крупные дробленые зерна сои направляются в накопительный бункер;

- осуществляется проход сит гречихи и колотой сои на фотосепаратор.

На следующем этапе, используя геометрические и цветовые различия, происходит разделение зерносмеси на сою и гречиху.

Результаты разделения зерновой смеси по предложенной технологии представлены на рисунках 3 и 4.

В таблице 4 приведены полученные показатели зерна сои гречихи после проведения разделения зерносмеси.

Экономическая эффективность производственных испытаний при работе с зерносмесью гречихи и сои представлена в таблице 5. Таким образом, применение предлагаемой технологии обеспечит получение экономического эффекта при

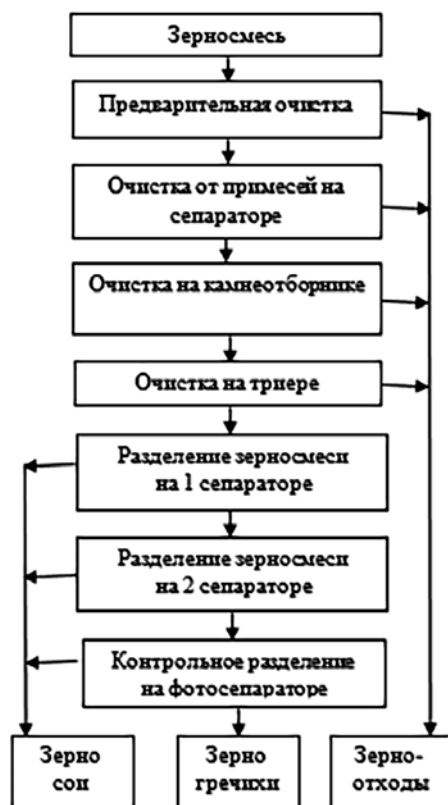


Рисунок 2 – Предложенная зерноочистительная схема разделения гречихи и сои

Figure 2 – The proposed grain purification scheme for the separation of buckwheat and soybeans



а)



б)

Рисунок 3 – Зерно сои а) и гречихи б) после разделения зерновой смеси (внизу) и примеси, выделенные из зерна (вверху)

Figure 3 – Soybean grain a) and buckwheat b) after separation of the grain mixture (bottom) and impurities separated from the grain (top)



Рисунок 4 – Зерноотходы и их структура после разделения зерна сои и гречихи

Figure 4 – Grain waste and its structure after separation of soybean and buckwheat grains

Таблица 4 – Фактические показатели качества зерновой смеси гречихи и сои и нормативные требования по качеству зерна гречихи и зерна сои

Table 4 – Actual quality indicators of the grain mixture of buckwheat and soybeans and regulatory requirements for the quality of buckwheat and soybean grains

Показатели	Гречиха		Соя	
	требования стандарта	фактическое качество после разделения	требования стандарта	фактическое качество после разделения
Влажность, не более %	14,5	12,2	12,0	12,0
Сорная примесь, не более %	2,0	0,8	2,0	2,0
Зерновая примесь, не более %	2,0	0,6	—	—
Масличная примесь, не более %	—	—	6,0	21,5
в том числе битая соя, %	—	—	—	17,5
Зерно гречихи, %	—	0,2	—	1,5
Зерно сои, %	—	—	—	—
Зараженность вредителями	не допускается	не обнаружено	не допускается	не обнаружено

Таблица 5 – Расчет экономической эффективности при реализации зерносмеси (соя с гречихи) и отдельных культур

Table 5 – Calculation of economic efficiency in the sale of grain mixtures (soybeans from buckwheat) and individual crops

Показатели	Вариант 1 (смесь зерна сои и гречихи)	Вариант 2 (разделенная смесь на гречиху и сою)
Цена одной тонны зерносмеси, руб.	10 000	10 000
Цена одной тонны зерна сои, руб.	30 000	30 000
Цена одной тонны зерна гречихи, руб.	14 000	14 000

Продолжение таблицы 5

Показатели	Вариант 1 (смесь зерна сои и гречихи)	Вариант 2 (разделенная смесь на гречиху и сою)
Доля зерна гречихи в зерносмеси, %	48,2	50,0
Доля зерна сои в зерносмеси, %	45,6	46,0
Доля сорной примеси, %	6,2	4,0
Количество зерносмеси, тонн	50,0	—
Количество гречихи, тонн	—	25,0
Количество сои, тонн	—	23,0
Количество сорной примеси, тонн	—	2,0
Балансовая стоимость оборудования, руб.	—	10 000 000
Срок полезного использования оборудования, лет	—	10
Время подработки, дней	—	1
Стоимость 1 кВт·час электроэнергии, руб.	—	8
Расход электроэнергии, кВт·час	—	100
Затраты на электроэнергию, руб.	—	800
Затраты на оплату труда, руб.	—	6 000
Амортизационные отчисления, руб.	—	2 740
Итого текущих затрат на подработку, руб.	—	9 540
Выручка от реализации зерносмеси, руб.	500 000	—
Выручка от реализации гречихи, руб.	—	350 000
Выручка от реализации сои, руб.	—	690 000
Выручка от реализации зерновых отходов, руб.	—	10 900
Экономический эффект, руб.	500 000	1 041 360

разделении объема зерносмеси 50 тонн на сумму 541 360 руб. Окупаемость используемого оборудования достижима за период его работы в течение одного сезона. Экономический эффект может быть увеличен по мере изменения стоимости обеих культур или увеличения доли более дорогого зерна, составляющего зерносмесь.

Заключение. Полученные результаты исследований позволяют сделать вывод, что разделение смеси зерна сои и гречихи целесообразно при наличии необходимого оборудования.

При этом экономический эффект разделения зерносмеси массой 50 тонн составил 541 360 руб.

Список источников

1. Технология производства, хранения, переработки продукции растениеводства и основы земледелия / под ред. А. С. Максимова. М. : КолосС, 2007. 580 с. EDN QNGXGP.
2. Задков А. П. Организация послеуборочной обработки и хранения в системе эффективного функционирования зернового хозяйства // АПК: экономика, управление. 2022. № 11. С. 61–68. doi: 10.33305/2211-61. EDN ZYRRKU.
3. Гурьева К. Б., Белецкий С. Л. Характеристика примесей зерна и их влияние на сохранность зерновых масс // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2022. № 17. С. 43–62. EDN VXDKIV.
4. Рзаев Б. Т., Дильмаганбетов Ш. Н., Бекбаев К. С. Изучение процесса очистки зерна на ТОО «Макинский элеватор» // Проблемы науки. 2017. № 11 (24). С. 8–10. EDN ZXPBQT.
5. Трисвятский Л. А., Лесик Б. В., Курдина В. Н. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. М. : Агропромиздат, 1991. 415 с.

6. Карташов А. Е. Технологии и технические средства для очистки и сортирования семян сои // Студенческие исследования – производству : материалы 30-й студен. науч. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 152–157. EDN MXFPUH.
7. Ерошенко Л. А., Данилов В. П., Мустафаева Н. Б., Кузнецова Н. А., Шалабаев Б. А., Валиев Д. А. Продуктивность и качество зерна моно- и поликомпонентных смесей зернофуражных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 3 (256). С. 36–41. EDN ZBIYUL.
8. Кашеваров Н. И., Бакшаев Д. Ю., Садохина Т. А. Влияние зональных условий возделывания на урожайность и качество зерна фуражных культур в одновидовых и смешанных посевах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2015. № 6. С. 39–45. EDN VFZVIJ.
9. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. М. : Зернопродукт, 1990. 81 с.
10. Завражнов А. И., Тишанинов К. Н. Совершенствование технологии подработки зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 3. С. 29–32. EDN MUSBVH.
11. Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А. Разработка зерноочистительных машин, функционирующих по фракционной технологии // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 12–19. EDN SKDEOL.
12. Марьин В. А., Верещагин А. Л. Очистка зерна гречихи от дикой редьки // Хлебопродукты. 2025. № 8. С. 49–53. doi: 10.32462/0235-2508-2025-34-8-49-53. EDN QIHSML.
13. Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А. Экономическая эффективность использования пофракционной очистки гречихи для удаления карлика // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XVIII всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Бийск : Алтайский государственный технический университет, 2025. С. 307–312. EDN CXAHNX.

References

1. Maksimov A. S. (Eds.). *Technology of production, storage, and processing of crop production and the basics of agriculture*, Moscow, KolosS, 2007, 580 p. EDN QNGXGP (in Russ.).
2. Zadkov A. P. Organization of post-harvest processing and storage in the system of efficient functioning of grain farming. *APK: ekonomika, upravlenie*, 2022;11:61–68. doi: 10.33305/2211-61. EDN ZYRRKU (in Russ.).
3. Guryeva K. B., Beletsky S. L. Characteristics of grain impurities and their effect on the safety of grain masses. *Innovatsionnye tekhnologii proizvodstva i khraneniya material'nykh tsennostei dlya gosudarstvennykh nuzhd*, 2022;17:43–62. EDN VXDKIV (in Russ.).
4. Rzaev B. T., Dilmaganbetov Sh. N., Bekbaev K. S. Studying the grain purification process at Makinsky Elevator LLP. *Problemy nauki*, 2017;11(24):8–10. EDN ZXPBQT (in Russ.).
5. Trisvyatskiy L. A., Lesik B. V., Kurdina V. N. *Storage and technology of agricultural products*, Moscow, Agropromizdat, 1991, 415 p. (in Russ.).
6. Kartashov A. E. Technologies and technical means for cleaning and sorting soybean seeds. *Proceedings from Student Research – Production: 30-ya Studencheskaya nauchnaya konferentsiya*. (PP. 152–157), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022. EDN MXFPUH (in Russ.).
7. Eroshenko L. A., Danilov V. P., Mustafaeva N. B., Kuznetsova N. A., Shalabaev B. A., Valiev D. A. Productivity and grain quality of mono- and polycomponent mixtures of grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017;47;3(256):36–41. EDN ZBIYUL (in Russ.).
8. Kashevarov N. I., Bakshaev D. Yu., Sadokhina T. A. The influence of zonal cultivation conditions on the yield and grain quality of forage crops in single-species and mixed crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2015;6:39–45. EDN VFZVIJ (in Russ.).
9. *Rules for the organization and management of the technological process at cereal enterprises*, Moscow, Zernoprodukt, 1990, 81 p. (in Russ.).

10. Zavrazhnov A. I., Tishaniniov K. N. Improvement of grain processing technology. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii*, 2010;3:29–32. EDN MUSBVH (in Russ.).
11. Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazykin V. A. Development of grain cleaning machines using fractional technology. *Permskii agrarnyi vestnik*, 2018;3(23):12–19. EDN SKDEOL (in Russ.).
12. Maryin V. A., Vereshchagin A. L. Cleaning buckwheat grain from wild radish. *Khleboprodukty*, 2025;8:49–53. doi: 10.32462/0235-2508-2025-34-8-49-53. EDN QIIHSM (in Russ.).
13. Maryin V. A., Vereshchagin A. L., Ivanov A. A. Economic efficiency of using fractional cleaning of buckwheat to remove *Fagopyrum tataricum*. Proceedings from Technologies and equipment of the chemical, biotechnological and food industries: *XVIII Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 307–312), Biysk, Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2025. EDN CXAHNX (in Russ.).

© Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А., 2026

Статья поступила в редакцию 16.01.2026; одобрена после рецензирования 09.04.2026; принята к публикации 14.05.2026.

The article was submitted 16.01.2026; approved after reviewing 09.04.2026; accepted for publication 14.05.2026.

Информация об авторах

Марьин Василий Александрович, кандидат технических наук, ООО «Алтай»,
Author ID: 661889, tehbiysk@mail.ru;

Верещагин Александр Леонидович, доктор химических наук, профессор, Бийский технологический институт – филиал Алтайского государственного технического университета, Author ID: 131744, val@bti.secna.ru;

Иванов Андрей Александрович, аспирант, ООО «Алтай», newandron@mail.ru

Information about the authors

Vasily A. Maryin, Candidate of Technical Sciences, LLC "Altai", Author ID: 661889, tehbiysk@mail.ru;

Alexander L. Vereshchagin, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Biysk Technological Institute – branch of the Altay State Technical University, Author ID: 131744, val@bti.secna.ru;

Andrey A. Ivanov, Postgraduate Student, LLC "Altai", newandron@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.