

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕМЯН СОИ КУЛЬТУРНОЙ (*Glycine max* (L.) Merr) МЕТОДОМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ



А. Н. Васильев, студент магистратуры
E-mail: maikakedrova@gmail.com
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Л. М. Григорович, канд. биол. наук, доцент
E-mail: lyudmila.grigorovich@klgtu.ru
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье представлены результаты комплексной оценки качественных показателей семян сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr) методом ближней инфракрасной спектроскопии (БИК), выращенных в ООО «Темп» Гурьевского муниципального округа Калининградской области. Лабораторный анализ выполнен в Испытательной лаборатории Филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Калининградской области на анализаторе Инфраскан-3150. В свежесобранном зерне содержание белка составило 38,40 %, масличность – 15,82 %. После 21 дня хранения зафиксировано снижение белка до 37,96 %, масличности до 15,51 %. Оба образца соответствовали требованиям ГОСТ 17109-88 по влажности. Полученные данные подтверждают высокую эффективность метода БИК-спектроскопии как быстрого инструмента оперативного контроля качества зерна сои.

Ключевые слова: соя культурная, белок, масличность, влажность, качество зерна, хранение, ближняя инфракрасная спектроскопия, анализатор Инфраскан-3150.

ВВЕДЕНИЕ

В Калининградской области соя культурная (*Glycine max* (L.) Merr.) занимает все более значимое место в структуре посевных площадей. В 2025 г. площадь посева культуры составила 29,3 тыс. га (110 % к уровню предыдущего года), а валовый сбор достиг 64,6 тыс. т при средней урожайности 2,5 т/га [1, 2]. Стремительное расширение посевов обусловлено высокой хозяйственной ценностью сои как единственной культуры умеренного климата, сочетающей исключительно высокое содержание белка (35–45 %) и жира (15–24 %) при способности фиксировать атмосферный азот совместно с клубеньковыми бактериями рода *Bradyrhizobium japonicum*.

Полнота реализации продуктивного потенциала сои определяется не только агротехникой возделывания, но и качеством получаемого зерна. Важнейшими показателями качества семян сои, определяющими их ценность для животноводства, пищевой и масложировой промышленности, являются содержание белка и масличность. Контроль этих показателей необходим на всех этапах производственного цикла: при приемке партий, в процессе хранения и при реализации продукции. Природно-климатические условия Калининградской области с характерным морским климатом, умеренными летними температурами и достаточным увлажнением создают специфические предпосылки для формирования качества зерна сои, что обуславливает актуальность регионального мониторинга качественных показателей [3].

Традиционные методы определения белка и масличности зерна отличаются высокой точностью, однако требуют значительных временных и материальных затрат. В современной

практике зернового контроля все шире применяется метод ближней инфракрасной спектроскопии (БИК, NIR – Near-Infrared Spectroscopy), позволяющий за 30–60 с неразрушающим способом определить комплекс качественных показателей зерна. Актуальность применения метода БИК для оценки качества семян сои обусловлена необходимостью оперативного мониторинга качества продукции в условиях расширения посевных площадей и интенсификации регионального производства [4].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись семена сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Памяти Фадеева урожая 2025 г. Зерно получено в сельскохозяйственном предприятии ООО «Темп», расположенном в Гурьевском муниципальном округе. Площадь посева сои составляла 30 га, фактическая урожайность – 2,3 т/га, что незначительно ниже средней по региону (2,5 т/га), но выше средней по РФ (2,2 т/га).

Сорт Памяти Фадеева относится к среднеранним сортам сои северного экотипа, адаптированным к условиям Северо-Западного региона России. Характеризуется вегетационным периодом около 100–110 сут, устойчивостью к полеганию и пригодностью к уборке прямым комбайнированием. Для данного сорта характерно стабильное содержание белка при несколько пониженной масличности в сравнении со средними значениями для культуры, что обусловлено биосинтетическими особенностями северного экотипа [5].

Для анализа были сформированы два образца зерна, отличающихся сроком хранения. Первый образец: свежесобранное зерно (срок хранения до семи дней). Второй образец: зерно, хранившееся на складе предприятия более 21 дня. Краткая характеристика объекта исследования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика объекта исследования - зерна сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Памяти Фадеева, ООО «Темп», урожай 2025 г.

Показатель	Значение	Образец 1 (свежесобранный)	Образец 2 (более 21 дня хранения)
Предприятие	ООО «Темп», Гурьевский МО	-	-
Площадь посева, га	30	-	-
Урожайность, т/га	2,3	-	-
Срок хранения на момент отбора	-	До семи дней	Свыше 21 дня
Масса объединенной пробы, г	-	500	500

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования: оценка качества семян сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Памяти Фадеева на содержание белка и масличность методом ближней инфракрасной спектроскопии.

Задачи исследования: 1) провести отбор и подготовку образцов зерна разных сроков хранения в соответствии с действующими стандартами; 2) выполнить анализ содержания белка, масличности и влажности методом БИК-спектроскопии на анализаторе Инфраскан-3150; 3) сопоставить полученные показатели качества между образцами разных сроков хранения; 4) оценить соответствие результатов требованиям ГОСТ 17109-88 [6].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отбор проб зерна сои проводили в соответствии с требованиями действующих стандартов: ГОСТ 13586.3 – правила приемки и методы отбора проб зерна [7], ГОСТ 10852 – правила приемки и методы отбора проб семян масличных культур [8], ГОСТ 29144 – определение влажности [9]. Из каждой партии зерна формировали объединенную пробу методом квартования из 10–15 точечных проб, взятых в разных точках склада; масса каждой объединенной пробы составила не менее 500 г. Сформированные пробы упаковывали в герметичные полиэтиленовые пакеты с указанием даты отбора, номера партии и наименования сорта.

Лабораторный анализ выполнен в Испытательной лаборатории Филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Калининградской области. Основным инструментом анализа послужил анализатор Инфраскан-3150 производства ООО «Созвездие» (Россия), реализующий методику ближней инфракрасной спектроскопии (БИК). Прибор предназначен специально для анализа зерна и зернопродуктов; одновременно определяются влажность, содержание белка и масличности (жира) образцов [10].

Физическая основа метода БИК заключается в специфическом поглощении органическими молекулами инфракрасного излучения на частотах, соответствующих колебаниям химических связей: О-Н (вода), N-H (амиды белков), С-Н (углеводороды жиров и углеводов), С=О (карбонильные группы). В ближнем инфракрасном диапазоне (780–2 500 нм) регистрируются обертоны и комбинационные полосы этих основных колебаний, характерные для каждого класса органических соединений. Анализатор освещает образец зерна источником ИК-излучения, регистрирует спектр отраженного сигнала и передает его в программный блок, где применяются хемометрические алгоритмы (метод главных компонент в сочетании с частичными наименьшими квадратами), обученные на массиве эталонных образцов с известным химическим составом. На выходе прибор выдает количественные значения содержания белка, жира и влаги [10].

Особая ценность метода БИК состоит в его неразрушающем характере: анализ не требует применения химических реактивов или длительной подготовки пробы. Зерно очищается от крупного мусора и помещается в рабочий отсек прибора. Время одного анализа составляет 30–60 с, что позволяет применять метод для оперативного контроля качества партий непосредственно на производстве. Погрешность определения белка на анализаторе Инфраскан-3150 составляет $\pm(0,3-0,5)$ %, масличности – $\pm(0,2-0,4)$ %, что достаточно для целей производственного контроля качества зерна [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате лабораторного анализа семян сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Памяти Фадеева определены показатели влажности, содержания белка и масличности для обоих образцов. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа зерна сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.) сорта Памяти Фадеева, урожай 2025 г., ООО «Темп»

Характеристика образца зерна	Влага, %	Белок, %	Жир (масличность), %
Образец 1 (свежеубранный, до 7 дней хранения)	8,80	38,40	15,82
Образец 2 (более 21 дня хранения)	8,60	37,96	15,51
Изменение за период хранения	-0,20	-0,44	-0,31
Требования ГОСТ 17109-88	≤ 18	не регламентируется	не регламентируется

Полученные показатели свидетельствуют о нормальном качестве зерна сои, характерном для сортов северного экотипа, возделываемых в условиях Северо-Западного региона России.

Влажность. По требованиям ГОСТ 17109-88 влажность семян сои не должна превышать 18 %. По результатам анализа оба образца полностью отвечают данному требованию: свежесобранное зерно – 8,8 %, зерно после 21-дневного хранения – 8,6 %. Снижение влажности на 0,20 процентных пункта свидетельствует о правильно организованном режиме хранения и соответствует естественным процессам постепенного подсушивания зерна при складировании, сопровождающемся переходом в состояние физиологического покоя и снижением интенсивности дыхания. Поддержание влажности зерна на уровне ниже 14 % критически важно для сохранности качества: при влажности выше 14–15 % активируются процессы дыхания, плесневения и самосогревания зерновой массы.

Содержание белка. В свежесобранной партии содержание белка составило 38,40 %. В образце после 21-дневного хранения этот показатель снизился до 37,96 %, то есть на 0,44 п.п. Следует отметить, что ГОСТ 17109-88 не устанавливает нормативных требований к содержанию белка как обязательного показателя. Тем не менее оба полученных значения соответствуют типичному диапазону для сортов сои, адаптированных к Северо-Западному региону (35–42 %), и подтверждают хорошую адаптацию сорта Памяти Фадеева к условиям Калининградской области.

Снижение содержания белка при хранении обусловлено рядом биохимических механизмов. Во-первых, остаточная метаболическая активность: в первые недели после уборки зерно продолжает дышать, расходуя в том числе низкомолекулярные азотсодержащие вещества. Во-вторых, протеолиз: ферменты-протеазы, сохраняющие остаточную активность в зрелом зерне, медленно расщепляют запасные белки до пептидов и свободных аминокислот. В-третьих, реакции Майяра: взаимодействие свободных аминокислот с редуцирующими сахарами приводит к снижению количества свободного белкового азота и расчетного содержания белка [11].

Масличность (содержание жира). В свежесобранном зерне содержание жира составило 15,82 %, в зерне после 21-дневного хранения – 15,51 %, снижение на 0,31 п.п. Полученные значения соответствуют нижнему сегменту нормального диапазона для сои (15–24 %). Это обусловлено сортовой особенностью сорта Памяти Фадеева как сорта северного экотипа, а также климатическими условиями Калининградской области с умеренными летними температурами, не способствующими накоплению значительного количества жира в семени. Между содержанием белка и масличностью в зерне сои существует устойчивая отрицательная корреляция, обусловленная конкурентными биосинтетическими путями в семядолях: в условиях морского климата региона закономерно смещение в сторону повышенного белка при пониженной масличности.

Уменьшение масличности при хранении обусловлено прежде всего окислительной деградацией липидов. Полиненасыщенные жирные кислоты (линолевая и линоленовая), составляющие около 60 % соевого масла, чрезвычайно чувствительны к автоокислению – цепным свободнорадикальным реакциям с кислородом воздуха, в результате которых образуются пероксиды, распадающиеся далее до альдегидов и кетонов, частично улетучивающихся из зерна. Дополнительный вклад вносит ферментативный гидролиз триглицеридов под действием эндогенных липаз зерна. Совокупность этих процессов приводит к постепенному снижению общей массы жировой фракции при хранении [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод ближней инфракрасной спектроскопии (Инфраскан-3150) продемонстрировал высокую эффективность как быстрый и неразрушающий инструмент оперативного контроля качества зерна сои культурной (*Glycine max* (L.) Merr.).

Комплексная оценка показала, что зерно сои сорта Памяти Фадеева, выращенное в условиях Гурьевского муниципального округа Калининградской области, характеризуется

стабильными и соответствующими требованиям ГОСТа 17109-88 показателями влажности, а также высоким содержанием белка и удовлетворительной масличностью, типичными для сортов северного экотипа. Установлено, что в процессе хранения в течение 21 дня происходит закономерное снижение содержания белка с 38,40 до 37,96 % и масличности с 15,82 до 15,51 %, что обусловлено биохимическими процессами остаточного дыхания, протеолиза и окислительной деградации липидов. При этом влажность оставалась в пределах нормы, что свидетельствовало о правильно организованных условиях хранения зерна [13].

Полученные результаты подтверждают высокую эффективность метода ближней инфракрасной спектроскопии, позволяющего одновременно определять комплекс основных показателей без применения химических реактивов. Практическая значимость исследования заключается в подтверждении целесообразности проведения анализа зерна на содержание белка и масличности непосредственно после уборки с использованием метода БИК-спектроскопии для оперативной оценки качества партии.

Перспективы дальнейших исследований методом ближней инфракрасной спектроскопии (Инфраскан-3150) связаны с изучением влияния более длительных сроков и различных режимов хранения, агротехнических факторов и фитопатогенной микрофлоры на изменение химического состава зерна сои. Мониторинг качественных показателей зерна сои культурной в динамике на протяжении всего периода вегетации и хранения необходим для накопления статистически значимой базы данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Россельхозцентр: официальный сайт. – URL: <https://rosselhoccenter.ru> (дата обращения: 06.05.2026).
2. ЕМИСС. Государственная статистика: сайт. – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 06.05.2026).
3. Григорович, Л. М. Опыт возделывания сои культурной (*Glycine max* L.) в почвенно-климатических условиях Гурьевского муниципального округа / Л. М. Григорович, Ю. С. Швыткин, А. С. Сковородников // Балтийский морской форум. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2025. – С. 104–110.
4. Кулаго, И. О. Применение БИК-спектроскопии для определения качественных показателей сельскохозяйственной продукции / И. О. Кулаго // Материалы международной научно-практической конференции: в 4 т. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2011. – С. 235–238.
5. Госсорт комиссия // Агрономический портал: сайт. – URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/pamyati-fadeeva-soya-8456762/> (дата обращения: 07.05.2026).
6. ГОСТ 17109-88. Соя. Требования при заготовках и поставках: дата введения 01.07.1990. – Москва: Издательство стандартов, 1988. – 5 с.
7. ГОСТ 13586.3. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб: дата введения 2016.01.02. – Москва: Стандартинформ, 2001. – 26 с.
8. ГОСТ 10852. Семени масличные. Правила приемки и методы отбора проб: дата введения 1987.07.01. – Москва: Стандартинформ, 1986. – 28 с.
9. ГОСТ 29144-91. Зерно и зернопродукты. Определение влажности (базовый контрольный метод): дата введения 1993-01-01. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 5 с.
10. Пашкевич, М. К. Опыт применения анализатора «Инфраскан-3150» для экспресс-исследования показателей качества рапса и продуктов его переработки / М. К. Пашкевич, О. А. Валиева // Технологии. Метрология. Стандартизация: материалы II ежегодной международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28–30 сентября 2022 г. / Группа компаний «ЭКАН». – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «ЭКАН», 2022. – С. 30–35. – EDN SCTFHL.

11. Кучеренко, Л. А. Направления рационального использования сои / Л. А. Кучеренко, В. С. Петибская, Е. Г. Ившина // Пищевая промышленность. – 2009. – № 10. – С. 11–13.
12. Петибская, В. С. Достоинства и недостатки семян сои и их роль в формировании качества пищевых продуктов и лечебных препаратов / В.С. Петибская // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2006. – № 2 (135). – С. 122-128.
13. Сеферова, И. В. Соя в условиях Северо-Запада Российской Федерации / И. В. Сеферова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2016. – Вып. 3 (167). – С.101–105.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF QUALITY INDICATORS OF CULTIVATED SOYBEAN SEEDS (*Glycine max* (L.) Merr) BY NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY

A. N. Vasiliev, Master degree student
E-mail: maikakedrova@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

L. M. Grigorovich, Candidate of Biology, Associate Professor
E-mail: lyudmila.grigorovich@klgtu.ru
Kaliningrad State Technical University

This article presents the results of a comprehensive assessment of the quality parameters of cultivated soybean (*Glycine max* (L.) Merr) seeds using near-infrared spectroscopy (NIRS), grown at Temp LLC in the Guryevsky Municipal District of the Kaliningrad Region. Laboratory analysis has been performed at the Testing Laboratory of the Kaliningrad Region Branch of the Federal State Institution “Rosselkhozcenter” using an Infrascan-3150 analyzer. In freshly harvested grain, the protein content was 38.40 %, and the oil content was 15.82%. After 21 days of storage, a decrease in protein to 37.96 % and oil content to 15.51 % was recorded. Both samples met the moisture content requirements of GOST 17109-88. The data obtained confirm high effectiveness of the NIR spectroscopy method as a rapid tool for operational quality control of soybeans.

Keywords: soybeans, protein, oil content, moisture content, grain quality, storage, near-infrared spectroscopy, Infrascan-3150 analyzer.