



DOI: 10.22363/2312-797X-2026-21-1-55-70

EDN EAKXYW

УДК 633.853.52: 631.526: 632.938

Научная статья / Research article

## Параметры адаптивности сортов сои в условиях степной зоны Приморского края

Е.С. Бутовец 

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки,  
г. Уссурийск, Российская Федерация  
✉ [otdelsoy@mail.ru](mailto:otdelsoy@mail.ru)

**Аннотация.** Весомое значение в производстве соя приобрела за счет высокой рентабельности и исключительного биохимического состава семян. Климатические и эдафические условия территории возделывания оказывают значительное влияние на уровень накопления питательных элементов в семенах сои. Цель исследования — изучить перспективные сорта сои в контрастных условиях Приморского края по параметрам адаптивности, фиксированной по уровню накопления белка в семенах. В 2021–2024 гг. в ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки (Приморский край, Россия) исследовали 17 перспективных сортов сои согласно методическим указаниям. По итогам четырехлетнего изучения высокую урожайность в опыте имели сорта сои: Приморская 1551 (27,5 ц/га), Приморская 1666 (28,2 ц/га) и Приморская 1672 (29,3 ц/га). Благоприятные условия среды для формирования высокого уровня белка в семенах сои наблюдались в 2022 и 2024 гг. Выявлены более адаптивные сорта: Приморская 1673, Приморская 1677 и Приморская 1666. Относительно высокий уровень стрессоустойчивости отмечен у трех сортов: Приморская 1669 (–3,9), Приморская 1668 (–4,1) и Приморская 1671 (–4,2). К пластичным ( $O = 18,4 \dots 20,7$ ) отнесены Приморская 1595, Приморская 1664, Приморская 1667, Приморская 1669 и Приморская 1671. Приморская 1669 и Приморская 1595 по показателю уровня стабильности сорта (ПУСС) превышали стандарт на 18,0 и 20,6 %. Высокой экологической пластичностью обладали Приморская 1666, Приморская 1673 и Приморская 1677 (ИЭП = 1,03 ед.). По комплексу адапционных параметров сои выявлены генотипы, способные накапливать относительно высокий уровень белка в семенах при выращивании в условиях степной зоны Приморского края. Наилучшие параметры адаптации характерны сортам сои Приморская 1677 (37) и Приморская 1667 (42). Выполнена оценка сортов сои по ряду адапционных показателей, установлены генотипы с параметрами высокой адаптации.

**Ключевые слова:** белок, урожайность, масса 1000 семян, стрессоустойчивость, отзывчивость, стабильность, пластичность

© Бутовец Е.С., 2026



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Финансирование.** Научная работа выполнена в рамках государственного задания соответственно тематическому плану НИР по теме FNGW-2022–0008 «Создать новые генотипы сельскохозяйственных культур с высокой продуктивностью, устойчивые к абиотическим и биотическим факторам среды».

**Благодарности.** Автор статьи благодарит рецензентов за экспертную оценку.

**Заявление о конфликте интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**История статьи:** поступила в редакцию 1 апреля 2025 г., принята к публикации 24 октября 2025 г.

**Для цитирования:** Бутовец Е.С. Параметры адаптивности сортов сои в условиях степной зоны Приморского края // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2026. Т. 21. № 1. С. 55–70. doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-1-55-70 EDN: ЕАКХУW

## Adaptation parameters of soybean cultivars in the Steppe Zone of Primorsky Krai

Ekaterina S. Butovets 

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika,  
Ussuriysk, Russian Federation  
✉ otdelsoy@mail.ru

**Abstract.** High profitability and the unique biochemical composition of seeds play an essential role in soybean production. Climatic and edaphic conditions of the cultivation area have a significant impact on the level of nutrient accumulation in soybean seeds. The research goal was to study promising soybean cultivars in the contrasting conditions of Primorsky Krai for their adaptability based on the accumulation level of protein in seeds. Seventeen promising soybean varieties were studied according to generally accepted methodology at Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika in 2021–2024 (Primorsky kray, Russia). The research evaluated the soybean cultivars for a number of adaptability parameters and identified soybean genotypes with high adaptability. Primorskaya 1551 (2.75 t/ha), Primorskaya 1666 (2.82 t/ha), and Primorskaya 1672 (2.93 t/ha) had high stable yield over the four years of the research. The environmental conditions of 2022 and 2024 were favorable for accumulation of protein in soybean seeds. Cultivars Primorskaya 1673, Primorskaya 1677, and Primorskaya 1666 were highly adaptable. A high level of stress resistance was observed in cultivars Primorskaya 1669 (–3.9), Primorskaya 1668 (–4.1), and Primorskaya 1671 (–4.2). High plasticity was characteristic of (O = 18.4...20.7) Primorskaya 1595, Primorskaya 1664, Primorskaya 1667, Primorskaya 1669, and Primorskaya 1671. The level of variety stability in Primorskaya 1669 and Primorskaya 1595 acceded the standard by 18.0 and 20.6 %, respectively. High ecological plasticity was noted in Primorskaya 1666, Primorskaya 1673, and Primorskaya 1677 (EPI = 1.03). Based on a complex of adaptability parameters, the research selected soybean genotypes able to accumulate relatively high protein levels in seeds under the growing conditions of the steppe zone of Primorsky Krai. The highest parameter values of adaptability were characteristic of soybean cultivars Primorskaya 1677 (37) and Primorskaya 1667 (42).

**Keywords:** protein, yield, weight of 1000 seeds, stress resistance, responsiveness, stability, plasticity

**Funding.** The study was carried out within the framework of the State assignment according to the thematic research plan FNGW-2022–0008 “Creating new genotypes of agricultural crops with high productivity, resistance to abiotic and biotic environmental factors”.

**Acknowledgements.** The author of the article thanks the reviewers for their expert assessment.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**Article history:** received 1 April 2025; accepted 24 October 2025.

**For citation:** Butovets ES. Adaptation parameters of soybean cultivars in the Steppe Zone of Primorsky Krai. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2026;21(1):55–70. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2026-21-1-55-70 EDN: EAKXYW

## Введение

Мировое значение соя приобрела за счет высокой рентабельности промышленного производства и уникального биохимического состава, который позволяет использовать ее в разнообразных целях [1, 2]. Культура активно возделывается на различных континентах и в климатических зонах, нередко отличающихся нестабильным климатом и жесткими условиями в период вегетации [3, 4]. В России основные площади посевов сои традиционно расположены на Дальнем Востоке, для которого характерны значительное разнообразие экологических факторов, таких как состав почвы, температурные условия, уровень влагообеспеченности, продолжительность светового дня и интенсивность солнечной инсоляции [5]. Таким образом, для эффективного выращивания сои важно учитывать особенности формирования урожайности и качества семян в зависимости от климатических условий конкретного региона [6, 7].

В связи со значительными изменениями погодных условий возделывания основных сельскохозяйственных культур, в т. ч. и сои, существует острая необходимость внедрения в селекционный процесс методов адаптивной селекции. Оценка реакции генотипов на смену условий культивирования должна выполняться на всех этапах селекции, начиная от изучения исходного материала и заканчивая заключительным испытанием сортов. При этом в приоритете будут сорта, способные сочетать высокие показатели хозяйственных признаков с устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды [8–10].

Первоначально селекционные программы научных учреждений в большей степени были ориентированы на получение сортов сои с высоким содержанием масла в семенах, в 2012–2025 гг. акцент был смещен на повышение уровня белка [11]. Для выполнения поставленной задачи в гибридизационный процесс включали источники (родительские формы) с высоким уровнем содержания питательных элементов в семенах [12]. После полученные гибриды подвергали оценке, из них отбирали перспективные генотипы, обладающие способностью сочетать высокую урожайность с качеством семян и адаптироваться к погодно-климатическим стрессорам [13, 14].

**Цель исследования** — оценить сорта сои в условиях степной зоны Приморского края по параметрам адаптивности, фиксированной по уровню накопления белка в семенах.

## Материалы и методы исследования

Перспективные сорта сои исследовали в 2021–2024 гг. на полях лаборатории селекции сои ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», вблизи г. Уссурийск (западная степная зона Приморского края).

По сведениям агрометеорологической станции «Тимирязевский» (ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»), в 2021–2024 гг. присутствовали контрастные климатические и погодные условия. В 2021 г. период вегетации сои отличался засушливыми условиями, повышенными температурами и затяжным отсутствием осадков. В результате количество осадков в период с июня по сентябрь оказалось ниже средних многолетних значений на 2,3...54,7 мм. Эти факторы в значительной степени негативно сказались на урожайности культуры. В 2022 г. были благоприятные условия для вегетации сои, так как в некоторых декадах с июня по сентябрь наблюдалось достаточное количество влаги, а уровень осадков превысил норму на 24,7...101,0 мм. Погодные условия 2023 г. можно считать достаточно благоприятными для сои, однако значительное количество осадков, выпавших с июня по август, оказало негативное влияние на уровень урожайности. Сумма осадков за этот период превышала 34,5...336,7 мм в месяц. Наивысшие показатели осадков в 2023 г. зарегистрированы в первой (76,3 мм) и третьей (89,6 мм) декадах июня, при среднем многолетнем значении 25,0 мм. В первой декаде июля количество осадков составило 96,4 мм, в то время как среднемноголетний показатель — 31,0 мм. Весь август характеризовался выпавшими осадками в диапазоне от 115,6 до 220,5 мм при среднем многолетнем значении от 31,0 до 48,0 мм. В 2023 г. также наблюдалось превышение среднемесячной температуры воздуха в период вегетации сои на 1,4...2,3 °С по сравнению со среднемноголетними показателями. Условия 2024 г. характеризовались моментами избыточного увлажнения только с мая по июль и повышенным температурным режимом в сравнении со среднемноголетней нормой. Сумма осадков с мая по июль превысила на 31,7...62,9 мм. Наибольшее количество осадков присутствовало в июне (136,9 мм, ср. со среднемноголетним 74,0) и третьей декаде июля (111,0 мм, а среднемноголетнее 44,0). Среднемесячная температура воздуха за период активной вегетации сои превышала среднемноголетние значения на 0,2...1,9 °С.

Агрохимические показатели полевого участка: рН солевой вытяжки 6,1; гидролитическая кислотность — 2,0 мг-экв./кг почвы;  $N_{л.г}$  — 73,0 мг/кг почвы;  $P_2O_5$  — 102,0 мг/кг почвы и  $K_2O$  — 75,0 мг/кг почвы; органическое вещество — 3,8 %).

Изучение 17 новых сортов сои ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (далее — ФНЦ) выполняли на заключительном этапе селекционной работы. Стандарт в опыте — среднеспелый сорт сои Приморская 4, разрешенный к возделыванию в Дальневосточном регионе. Закладка опыта осуществлялась по методике полевых испытаний<sup>1</sup>. Посевная норма семян — 500 тыс. шт./га, площадь делянки — 22,0 кв. м, повторность трехкратная.

<sup>1</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 416 с.

Учеты и оценку проводили по методике ВИР<sup>2</sup>. Определение содержания белка и масла в семенах сои на приборе Inframatic 9200 проводилось в лаборатории агрохимических анализов ФНЦ.

Для определения уровня стабильности сорта сои по содержанию белка в семенах применяли коэффициенты вариации  $V$  и выравненности  $B$ , метод дисперсионного анализа для выявления значимых различий, в соответствии с методикой Б.А. Доспехова<sup>3</sup>. Коэффициент адаптивности  $KA$  по содержанию белка в семенах сорта определили с использованием метода, предложенного Л.А. Животковым и его коллегами [15]. Стрессоустойчивость, компенсаторные способности и гибкость сортов в отношении накопления белка установили по методике А.А. Rossielle и J. Hemblin в интерпретации А.А. Гончаренко [16]. Коэффициент экологической пластичности  $O$  рассчитывали по методике Д.И. Баранского [17]. Оценка стабильности сортов осуществляли с использованием показателя уровня стабильности сорта (ПУСС), предложенного Э.Д. Неттевичем [18]. Коэффициент отзывчивости сорта на условия культивирования  $Kp$  рассчитывали по методике В.А. Зыкина<sup>4</sup>. Для анализа сортов определяли индекс экологической пластичности (ИЭП) в соответствии с подходом А.А. Грязнова [19]. Индекс условий среды  $I_j$  применялся для выявления изменчивости факторов возделывания. Наилучшие условия для роста и развития сои наблюдались в годы с положительным индексом, в то время как худшие соответствовали отрицательным.

## Результаты исследования и обсуждение

В процессе испытания сортов сои на заключительном этапе селекции установлено, что все они средней группы спелости, период вегетации от 111 до 119 сут., только один сорт Приморская 1673 относился к среднеранней — 100 сут. (табл. 1). Сорта характеризовались средней высотой растений, 29,4 % генотипов — крупным размером семени (масса 1000 семян более 190 г).

В среднем за годы исследования урожайность сортов сои в опыте составляла от 20,5 до 29,3 ц/га, в оптимальных условиях для формирования этого показателя значения были заметно выше: в 2022 г. — 19,2...36,8 ц/га, 2024 г. — 28,1...43,1 ц/га. Максимально (на 25,6...33,8 %) превышали стандарт (Приморская 4) три сорта: Приморская 1551, Приморская 1666 и Приморская 1672. По урожайности сорт Приморская 1673 был ниже стандарта на 1,4 ц/га за счет его генетической особенности — мелкосемянности (масса 1000 семян 108 г).

Достаточно контрастные погодные условия в период изучения позволили объективно дать оценку тестируемым сортам сои. Условия окружающей среды  $I_j$  были различными и варьировали от +9,1 до –8,3. Оптимальные условия для выра-

<sup>2</sup> Корсаков Н.И., Мякушко Ю.П. Соя: методические указания по селекции и семеноводству. Л. : ВИР, 1975. 159 с.

<sup>3</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Книга по требованию, 2012. 416 с.

<sup>4</sup> Зыкин В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ : метод. рекомендации. Новосибирск, 1984. С. 24.

щивания сои создались в 2022 и 2024 гг., значения урожайности в среднем в опыте были 30,5 и 33,7 ц/га соответственно.

Таблица 1

**Характеристика перспективных сортов сои (среднее за 2021–2024 гг.),  
Приморский край**

Сорт	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г	Высота растений, см	Период вегетации, сут.	Содержание в семенах, %	
					масла	белка
Приморская 4, ст.	21,9	166	70,3	117	23,2	37,8
Приморская 1551	27,5	170	62,0	119	23,4	38,2
Приморская 1595	24,4	191	57,2	113	23,4	38,4
Приморская 1596	22,9	190	60,3	119	23,6	39,1
Приморская 1607	23,7	193	55,0	118	23,3	38,6
Приморская 1639	26,5	178	65,8	116	22,8	38,8
Приморская 1664	23,2	173	62,8	116	24,7	37,6
Приморская 1665	23,3	194	65,2	115	23,5	39,0
Приморская 1666	28,2	171	66,2	114	23,3	39,5
Приморская 1667	22,1	152	68,3	116	23,2	38,9
Приморская 1668	22,8	181	65,7	111	24,7	36,8
Приморская 1669	26,3	184	60,0	116	24,2	37,3
Приморская 1670	26,4	191	63,8	117	24,2	37,8
Приморская 1671	22,7	183	60,5	115	24,1	37,8
Приморская 1672	29,3	175	59,6	115	23,8	39,3
Приморская 1673	20,5	108	47,4	100	22,9	39,7
Приморская 1677	24,6	179	53,1	112	23,9	39,6
Приморская 1678	23,4	191	70,3	116	23,6	38,2
НСР <sub>0,05</sub>	2,9	30,4	8,9	3,2	0,6	0,8

lj: 2021 г. (-6,7); 2022 г. (+5,9); 2023 г. (-8,3); 2024 г. (+9,1)

Источник: составлено Е.С. Бутовец.

Table 1

**Characteristics of promising soybean cultivars (average for 2021–2024), Primorsky Krai**

Cultivar	Productivity, c/ha	Weight of 1000 seeds, g	Plant height, cm	Vegetation period, days	Content in seeds, %	
					fat	protein
Primorskaya 4, st.	21.9	166	70.3	117	23.2	37.8
Primorskaya 1551	27.5	170	62.0	119	23.4	38.2
Primorskaya 1595	24.4	191	57.2	113	23.4	38.4
Primorskaya 1596	22.9	190	60.3	119	23.6	39.1
Primorskaya 1607	23.7	193	55.0	118	23.3	38.6
Primorskaya 1639	26.5	178	65.8	116	22.8	38.8
Primorskaya 1664	23.2	173	62.8	116	24.7	37.6

Ending tabl. 1

Cultivar	Productivity, c/ha	Weight of 1000 seeds, g	Plant height, cm	Vegetation period, days	Content in seeds, %	
					fat	protein
Primorskaya 1665	23.3	194	65.2	115	23.5	39.0
Primorskaya 1666	28.2	171	66.2	114	23.3	39.5
Primorskaya 1667	22.1	152	68.3	116	23.2	38.9
Primorskaya 1668	22.8	181	65.7	111	24.7	36.8
Primorskaya 1669	26.3	184	60.0	116	24.2	37.3
Primorskaya 1670	26.4	191	63.8	117	24.2	37.8
Primorskaya 1671	22.7	183	60.5	115	24.1	37.8
Primorskaya 1672	29.3	175	59.6	115	23.8	39.3
Primorskaya 1673	20.5	108	47.4	100	22.9	39.7
Primorskaya 1677	24.6	179	53.1	112	23.9	39.6
Primorskaya 1678	23.4	191	70.3	116	23.6	38.2
LSD <sub>0.05</sub>	2.9	30,4	8.9	3.2	0.6	0.8

Environmental conditions index (Ij): 2021 (–6.7); 2022 (+5.9); 2023 (–8.3); 2024 (+9.1)

Source: compiled by E.S. Butovets.

Более 24,0 % содержания масла в семенах сформировали пять сортов сои. В опыте шесть генотипов сои по содержанию белка в семенах имели в среднем относительно высокие значения (более 39,0 %), превышая стандарт на 1,2...1,8 %. Наиболее благоприятные условия среды для формирования высокого уровня белка в семенах сои также наблюдались в 2022 и 2024 гг. (в среднем значение в опыте составило 40,1 и 40,6 % соответственно), при показателях  $I_j +1,6$  и  $+2,1$ . Погодно-климатические факторы оказали положительное воздействие на массовую долю белка в период формирования семени.

С целью получения полных и достоверных сведений об адаптационных возможностях сортов сои при накоплении белка в семенах в данных условиях выращивания провели расчет КА согласно методу Л.А. Животкова [15] и Кр на факторы среды по методике В.А. Зыкина<sup>5</sup>.

КА исследуемых сортов сои в опыте составлял от 95,6 до 103,1 %, значение выше 100 % имели 52,9 % генотипов (рис. 1). Наиболее адаптивные сорта — Приморская 1673, Приморская 1677 и Приморская 1666, менее — Приморская 1669 и Приморская 1668 (КА < 100 %).

При анализе сортов сои на отзывчивость к условиям окружающей среды следует установить реакцию сортов путем расчета коэффициента, при котором значение более «единицы» характеризует положительный ответ генотипа на улучшение условий возделывания, менее — отрицательную, нулевое — нейтральную. Все тестируемые сорта сои продемонстрировали положительную реакцию на улучшенные условия культивирования, максимальный показатель был у Приморская 1673 и Приморская 1551 (Кр = 1,22).

<sup>5</sup> Зыкин В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ : метод. рекомендации. Новосибирск, 1984. С. 24.

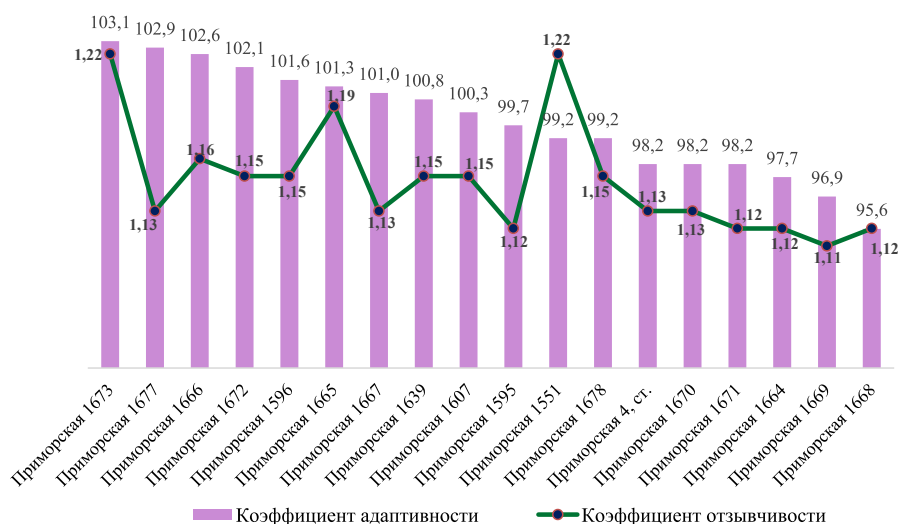


Рис. 1. Коэффициенты адаптивности (КА) по Л.А. Животкову и отзывчивости (Кр) на условия возделывания по В.А. Зыкину сортов сои

Источник: составлено Е.С. Бутовец.

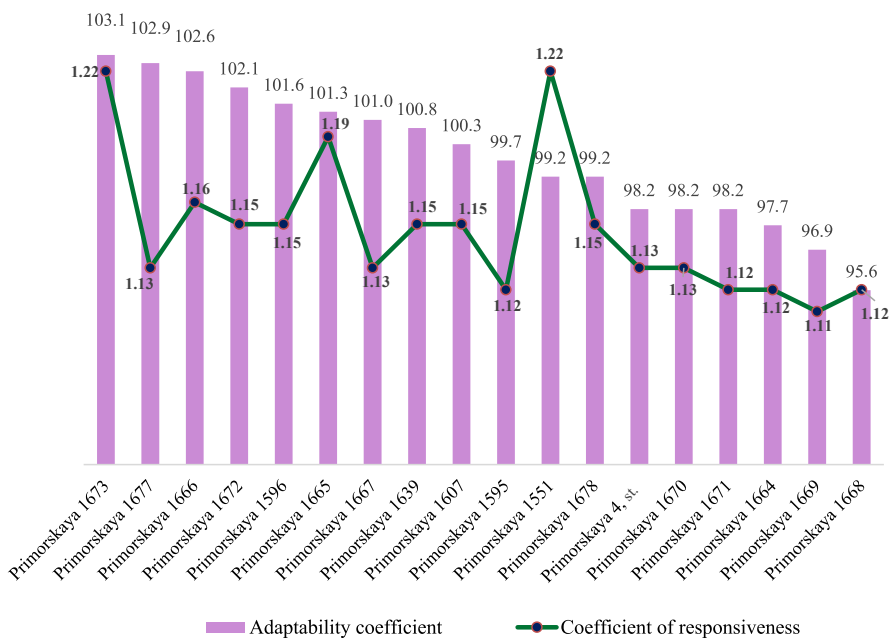


Fig. 1. Coefficients of adaptability (CA) according to L.A. Zhivotkov and responsiveness (Cr) to the conditions of cultivation of soybean cultivars according to V.A. Zykin

Source: compiled by E.S. Butovets.

Природно-климатические условия Приморского края носят муссонный характер и имеют часто резкую контрастность при своем выражении. Установление

экологической пластичности и стабильности сортов в плане формирования уровня белка в семенах при ежегодно различных условиях возделывания культуры является неотъемлемой частью ведения селекционного процесса. Для повышения точности анализа реакции сортов на возделывание в различных условиях среды необходимо применять комплекс методов и показателей, позволяющих определить адаптивные способности генотипов. Одним из методов определения возможностей сортов адаптироваться к стрессовым условиям — это установить разницу между минимальным и максимальным значением признака. Меньшее значение свидетельствует о большей устойчивости генотипа к стрессу. Относительно высокий уровень устойчивости к стрессу в период формирования белка в семенах проявили три сорта сои: Приморская 1669 (–3,9), Приморская 1668 (–4,1) и Приморская 1671 (–4,2); низкий — Приморская 1551 (–7,6), Приморская 1673 (–7,8) (табл. 2).

Таблица 2

**Параметры адаптивности сортов сои по накоплению белка в семенах, 2021–2024 гг.**

Сорт	Размах варьирования признака, %	Стрессоустойчивость		Адаптивность				
		$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ПУСС, %	ИЭП, ед.
Приморская 4, ст.	34,8–39,5	–4,7	37,2	17,3	5,8	94,2	100,0	0,98
Приморская 1551	33,8–41,4	–7,6	37,6	11,3	8,8	91,2	66,2	0,99
Приморская 1595	36,0–40,3	–4,3	38,2	20,6	4,9	95,1	120,6	1,00
Приморская 1596	35,6–41,1	–5,5	38,4	15,2	6,6	93,4	90,9	1,02
Приморская 1607	35,3–40,7	–5,4	38,0	15,3	6,5	93,5	90,3	1,00
Приморская 1639	35,5–40,8	–5,3	38,2	16,4	6,1	93,9	97,0	1,01
Приморская 1664	34,8–39,1	–4,3	37,0	18,8	5,3	94,7	107,9	0,98
Приморская 1665	35,0–41,6	–6,6	38,3	13,7	7,3	92,7	81,7	1,01
Приморская 1666	35,6–41,3	–5,7	38,5	14,8	6,8	93,2	89,0	1,03
Приморская 1667	36,0–40,8	–4,8	38,4	18,4	5,4	94,6	109,2	1,01
Приморская 1668	34,8–38,9	–4,1	36,9	17,5	5,7	94,3	98,5	0,96
Приморская 1669	35,1–39,0	–3,9	37,1	20,7	4,8	95,2	118,0	0,97
Приморская 1670	35,0–39,6	–4,6	37,3	17,1	5,8	94,2	98,7	0,98
Приморская 1671	36,0–40,2	–4,2	38,1	18,6	5,4	94,6	107,3	0,98
Приморская 1672	36,1–41,6	–5,5	38,9	15,7	6,4	93,6	94,3	1,02
Приморская 1673	35,3–43,1	–7,8	39,2	10,8	9,3	90,7	65,4	1,03
Приморская 1677	36,8–41,5	–4,7	39,2	17,7	5,6	94,4	107,1	1,03
Приморская 1678	35,1–40,3	–5,2	37,7	15,2	6,6	93,4	88,5	0,99

*Примечание.*  $X_{\min} - X_{\max}$  — устойчивость к стрессу;  $(X_{\min} + X_{\max})/2$  — компенсаторная способность по Rossielle, Nemblin; O — коэффициент экологической пластичности по Баранскому; V — коэффициент вариации; B — коэффициент выравнивания по Доспехову; ПУСС — показатель уровня стабильности сорта по Неттевичу; ИЭП — индекс экологической пластичности сортов по Грязнову.

*Источник:* составлено Е.С. Бутовец.

Table 2

**Adaptability parameters of soybean cultivars for protein accumulation in seeds, 2021–2024**

Cultivar	Trait variation range, %	Stress resistance		Adaptability				
		$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	SLIC, %	IEP, un.
Primorskaya 4, st.	34.8–39.5	-4.7	37.2	17.3	5.8	94.2	100.0	0.98
Primorskaya 1551	33.8–41.4	-7.6	37.6	11.3	8.8	91.2	66.2	0.99
Primorskaya 1595	36.0–40.3	-4.3	38.2	20.6	4.9	95.1	120.6	1.00
Primorskaya 1596	35.6–41.1	-5.5	38.4	15.2	6.6	93.4	90.9	1.02
Primorskaya 1607	35.3–40.7	-5.4	38.0	15.3	6.5	93.5	90.3	1.00
Primorskaya 1639	35.5–40.8	-5.3	38.2	16.4	6.1	93.9	97.0	1.01
Primorskaya 1664	34.8–39.1	-4.3	37.0	18.8	5.3	94.7	107.9	0.98
Primorskaya 1665	35.0–41.6	-6.6	38.3	13.7	7.3	92.7	81.7	1.01
Primorskaya 1666	35.6–41.3	-5.7	38.5	14.8	6.8	93.2	89.0	1.03
Primorskaya 1667	36.0–40.8	-4.8	38.4	18.4	5.4	94.6	109.2	1.01
Primorskaya 1668	34.8–38.9	-4.1	36.9	17.5	5.7	94.3	98.5	0.96
Primorskaya 1669	35.1–39.0	-3.9	37.1	20.7	4.8	95.2	118.0	0.97
Primorskaya 1670	35.0–39.6	-4.6	37.3	17.1	5.8	94.2	98.7	0.98
Primorskaya 1671	36.0–40.2	-4.2	38.1	18.6	5.4	94.6	107.3	0.98
Primorskaya 1672	36.1–41.6	-5.5	38.9	15.7	6.4	93.6	94.3	1.02
Primorskaya 1673	35.3–43.1	-7.8	39.2	10.8	9.3	90.7	65.4	1.03
Primorskaya 1677	36.8–41.5	-4.7	39.2	17.7	5.6	94.4	107.1	1.03
Primorskaya 1678	35.1–40.3	-5.2	37.7	15.2	6.6	93.4	88.5	0.99

Note.  $X_{\min} - X_{\max}$  – Resistance to stress;  $(X_{\min} + X_{\max})/2$  – Compensatory capacity according to Rosielle, Hemblin; O – Baransky's coefficient of ecological plasticity; V – coefficient of variation; B – coefficient of uniformity according to Dospekhov; SLIC – stability level indicator of the cultivar according to Nettevich; IEP – index of ecological plasticity of cultivars according to Gryaznov.

Source: compiled by E.S. Butovets.

Компенсаторные способности сорта в контрастных условиях выращивания определяет параметр генетической гибкости. Высокими значениями данного показателя (от 38,0 до 39,2 ед.) характеризовались 64,7 % изучаемых сортов сои. Наиболее устойчивые к стрессу сорта — Приморская 1664, Приморская 1668 и Приморская 1669 — отличались пониженной гибкостью (36,9...37,1 ед.), что свидетельствует о стабильности сортового признака при любых условиях.

В результате определения экологической пластичности по методу Д.И. Баранского выявлены наиболее пластичные сорта, в большей степени способные формировать повышенный уровень белка в семенах — Приморская 1595, Приморская 1664, Приморская 1667, Приморская 1669 и Приморская 1671 (O = 18,4...20,7). По стабильности признака, установленной по значениям коэффициента вариации, все сорта демонстрировали слабую изменчивость ( $V \leq 10\%$ ). Несущественную вариабельность показателя можно пояснить незначительным воздействием среды.

Подспорьем при определении хозяйственной ценности генотипа служит коэффициент выравнинности B. Преимуществом пользуются сорта со значением выше 70 %. В наших исследованиях все сорта сои имели коэффициент более 91,2 %.

Показатель адаптивности сорта (ПУСС) основывается на совокупности уровня и стабильности признака с учетом значения стандарта, демонстрирует свои возможности при оптимизации условий роста, при неблагоприятных факторах — сохранять показатель белка в семенах на высоком уровне. Увеличение этого признака свидетельствует о большей стабильности сорта. Превышение над стандартом по стабильности (ПУСС) на 18,0 и 20,6 % наблюдалось у двух сортов сои: Приморская 1669 и Приморская 1595, большая часть генотипов (64,7 %) имели меньшую стабильность признака относительно стандарта.

Вычисление ИЭП сортов актуально на территориях культивирования с контрастными погодными условиями. В данном случае, большую ценность при возделывании имеет генотип со значением ИЭП более единицы. В опыте ИЭП сортов составлял от 0,96 ед. (Приморская 1668) до 1,03 ед. (Приморская 1666, Приморская 1673 и Приморская 1677).

В результате проведенной оценки каждому значению параметра присвоен ранг в зависимости от практической ценности, который затем суммируется для конкретного сорта (табл. 3). При этом наивысшая оценка соответствует первому рангу.

Таблица 3

#### Классификация сортов сои в зависимости от их адаптивных характеристик

Сорт	КА	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	О	V, %	В, %	ПУСС, %	ИЭП	Кр
Приморская 4, ст.	13	6	12	8	7	7	7	6	5
Приморская 1551	11	14	10	16	14	14	17	5	1
Приморская 1595	10	4	6	2	2	2	1	4	6
Приморская 1596	5	11	4	13	11	11	12	2	4
Приморская 1607	9	10	8	12	10	10	13	4	4
Приморская 1639	8	9	6	10	8	8	10	3	4
Приморская 1664	16	4	14	3	3	3	4	6	6
Приморская 1665	6	13	5	15	13	13	16	3	2
Приморская 1666	3	12	3	14	12	12	14	1	3
Приморская 1667	7	7	4	5	4	4	3	3	5
Приморская 1668	18	2	15	7	6	6	9	8	6
Приморская 1669	17	1	13	1	1	1	2	7	7
Приморская 1670	14	5	11	9	7	7	8	6	5
Приморская 1671	15	3	7	4	4	4	5	6	6
Приморская 1672	4	11	2	11	9	9	11	2	4
Приморская 1673	1	15	1	17	15	15	18	1	1
Приморская 1677	2	6	1	6	5	5	6	1	5
Приморская 1678	12	8	9	13	11	11	15	5	4

Источник: составлено Е.С. Бутовец.

Table 3

## Classification of soybean cultivars depending on their adaptive characteristics

Cultivar	CA	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	SLIC, %	IEP	Cr
Primorskaya 4, st.	13	6	12	8	7	7	7	6	5
Primorskaya 1551	11	14	10	16	14	14	17	5	1
Primorskaya 1595	10	4	6	2	2	2	1	4	6
Primorskaya 1596	5	11	4	13	11	11	12	2	4
Primorskaya 1607	9	10	8	12	10	10	13	4	4
Primorskaya 1639	8	9	6	10	8	8	10	3	4
Primorskaya 1664	16	4	14	3	3	3	4	6	6
Primorskaya 1665	6	13	5	15	13	13	16	3	2
Primorskaya 1666	3	12	3	14	12	12	14	1	3
Primorskaya 1667	7	7	4	5	4	4	3	3	5
Primorskaya 1668	18	2	15	7	6	6	9	8	6
Primorskaya 1669	17	1	13	1	1	1	2	7	7
Primorskaya 1670	14	5	11	9	7	7	8	6	5
Primorskaya 1671	15	3	7	4	4	4	5	6	6
Primorskaya 1672	4	11	2	11	9	9	11	2	4
Primorskaya 1673	1	15	1	17	15	15	18	1	1
Primorskaya 1677	2	6	1	6	5	5	6	1	5
Primorskaya 1678	12	8	9	13	11	11	15	5	4

Source: compiled by E.S. Butovets.

По результату комплексной оценки перспективных сортов сои на адаптационные возможности выявлены генотипы, в большей степени способные накапливать относительно высокий уровень содержания белка в семенах в условиях Приморского края (рис. 2). Сорт сои с минимальной суммой рангов характеризуется высокими параметрами адаптации.

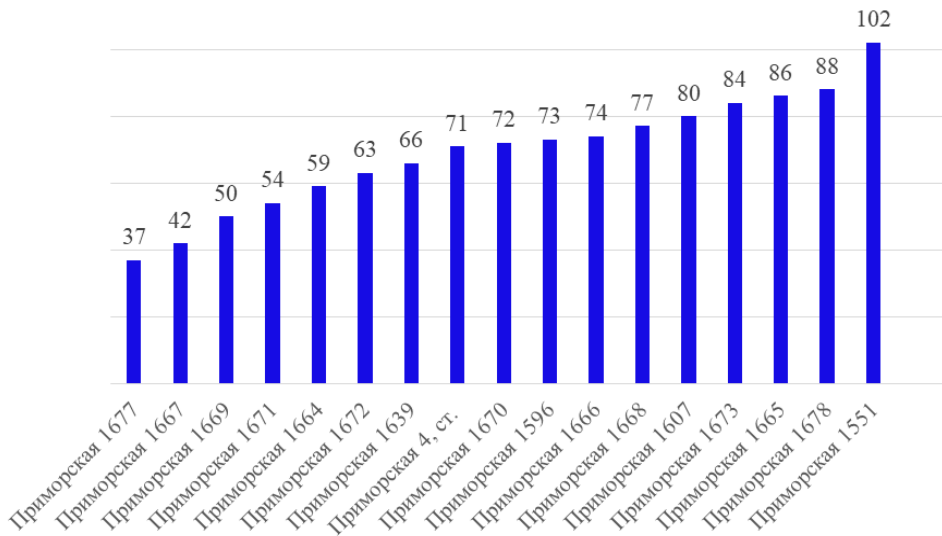
По сумме рангов наиболее высокими параметрами адаптационных способностей обладали два сорта сои: Приморская 1677 (37) и Приморская 1667 (42).

### Заключение

По результатам исследования перспективных сортов сои на адаптационные способности по накоплению белка в семенах выделены генотипы с высокими показателями:

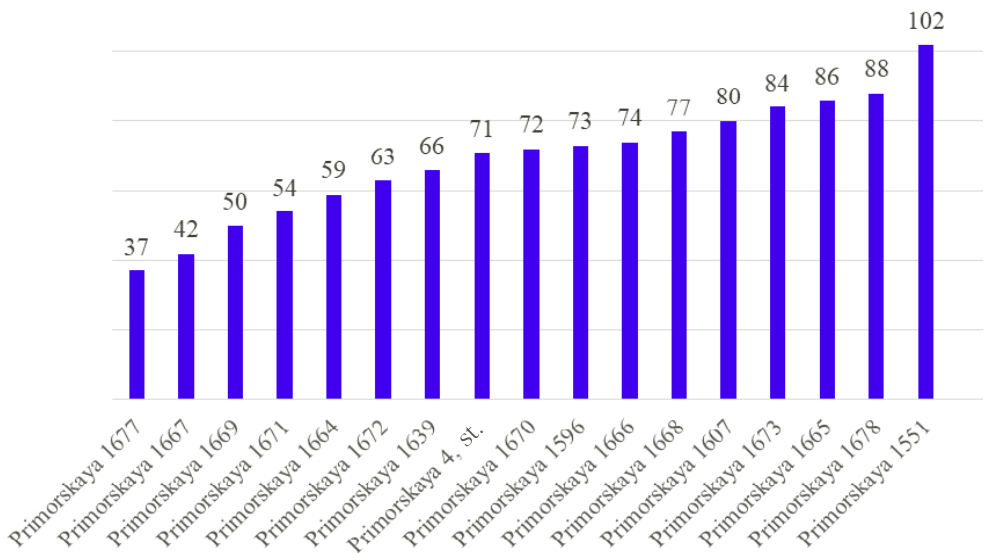
- по уровню адаптивности КА — Приморская 1673, Приморская 1677 и Приморская 1666;
- устойчивости к стрессу — Приморская 1669 (–3,9), Приморская 1668 (–4,1) и Приморская 1671 (–4,2);

- степени пластичности ( $O = 18,4 \dots 20,7$ ) — Приморская 1595, Приморская 1664, Приморская 1667, Приморская 1669 и Приморская 1671;
- коэффициенту выравненности ( $B$  более 91,2 %) — все сорта сои;
- уровню стабильности сорта (ПУСС) — Приморская 1669 и Приморская 1595;
- индексу экологической пластичности — Приморская 1666, Приморская 1673 и Приморская 1677.



**Рис. 2.** Суммы рангов сортов сои

Источник: составлено Е.С. Бутовец.



**Fig. 2.** Sums of ranks of soybean cultivars

Source: compiled by E.S. Butovets.

Наилучшие адаптационные способности при возделывании в условиях степной зоны Приморского края и возможность формировать высокий уровень белка в семенах были характерны сортам сои Приморская 1677 и Приморская 1667.

### Список литературы

1. Шахова М.Н., Бутова С.В., Воронцов В.В. Разработка технологии получения белково-липидного комплекса из семян сои // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2023. № 2 (21). С. 65–73. doi: 10.53914/issn2311-6870\_2023\_2\_65 EDN: SWNYVF
2. Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П. Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность и кормовую ценность сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1 (65). С. 6–15. doi: 10.18286/1816-4501-2024-1-6-12 EDN: JALFXA
3. Dos Santos C.A.C., Neale C.M.U., Mekonnen M.M. et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. Vol. 147. № 3–4. P. 1379–1399. doi: 10.1007/s00704-021-03903-7 EDN: QYWQOE
4. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11. № 4. P. 11–17. doi: 10.15421/2021\_193
5. Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Устарханова Э.Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения // Масличные культуры. 2020. № 2 (182). С. 62–69. doi: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69 EDN: HIMSJF
6. Fokina E., Belyaeva G. Features of the new mid-season soybean variety Zolushka // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. 2022. Vol. 353. P. 105–112. doi: 10.1007/978-3-030-91402-8\_13 EDN: XWZGZZ
7. Li M., Liu Y., Wang C. et al. Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese latitudes // Frontiers in plant science. 2020. Vol. 10. P. 1642. doi: 10.3389/fpls.2019.01642 EDN: MLWPRC
8. Юсова О.А., Николаев П.Н., Васюкевич В.С., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях // Вестник НГАУ. 2020. № 2. С. 84–96. doi: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96 EDN: MTSCHK
9. Rani A., Kumar V. Soybean Breeding // Fundamentals of Field Crop Breeding. Singapore : Springer, 2022. P. 907–944. doi: 10.1007/978-981-16-9257-4\_17
10. Hegstad J.M., Nelson R.L., Renny-Byfield S. et al. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield // Theoretical and Applied Genetics. 2019. Vol. 132. № 9. P. 2541–2552. doi: 10.1007/s00122-019-03369-2
11. Зеленцов С.В., Мошненко Е.В. Перспективы селекции высокобелковых сортов сои: моделирование механизмов увеличения белка в семенах (сообщение 1) // Масличные культуры. 2016. № 2 (166). С. 34–41. EDN: WXSCKV
12. Васина Е.А., Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Vol. 183. № 4. С. 19–29. doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29 EDN: SZUJVA
13. Новикова Л.Ю., Сеферова И.В., Некрасов А.Ю. и др. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 6. С. 708–715. doi: 10.18699/VJ18.414 EDN: XYZCKD
14. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М., Васина Е.А. и др. Влияние погодно-климатических условий на формирование белка и масла в семенах сои в Приморском крае // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2 (191). С. 88–97. doi: 10.36718/1819-4036-2023-2-88-97 EDN: UDCBDT
15. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по урожайности // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–7.
16. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53. EDN: HSFQAX
17. Баранский Д.И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // Bigrum. селекц. Big. Одес. Крайов. с.-г. досл. ст. 1926. Вып. II. С. 81–91.

18. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
19. Грязнов А.А. Карабалыкский ячмень. Кустанай : Печат. двор, 1996. С. 448.

## References

1. Shakhova MN, Butova SV, Vorontsov VV. Development of a technology for obtaining a protein-lipid complex from soybean seeds. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaistvennoi produktsii*. 2023;(2):65–73. (In Russ.). doi: 10.53914/issn2311-6870\_2023\_2\_65 EDN: SWNYVF
2. Belyshkina ME, Kobozeva TP. The influence of moisture conditions during the growing season on productivity and feed value of soybeans. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2024;(1):6–15. (In Russ.). doi: 10.18286/1816-4501-2024-1-6-12 EDN: JALFXA
3. Dos Santos CAC, Neale CMU, Mekonnen MM, Gonçalves IZ, de Oliveira G, Ruiz-Alvarez O, et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA. *Theoretical and Applied Climatology*. 2022;147(3):1379–1399. doi: 10.1007/s00704-021-03903-7 EDN: QYWQOE
4. Tsekhmeistruk M, Pankova O, Kolomatska V, Kobyzieva L, Artiomov M, Sirovitskiy K.. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021;11(4):11–17. doi: 10.15421/2021\_193
5. Zaitsev NI, Revenko VY, Ustarkhanova EG. Influence of weather factors on the productivity of perspective soybean lines in the unstable moisture zone. *Oil Crops*. 2020;(2):62–69. (In Russ.). doi: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69 EDN: HIMSJF
6. Fokina E, Belyaeva G. Features of the new mid-season soybean variety Zolushka. In: *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: conference proceedings*. Cham: Springer International Publishing; 2022. p.105–112. doi: 10.1007/978-3-030-91402-8\_13 EDN: XWZGZZ
7. Li M, Liu Y, Wang C, Yang X, Li D, Zhang X, et al. Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020;10:1642. doi: 10.3389/fpls.2019.01642 EDN: MLWPRC
8. Yusova OA, Nikolaev PN, Vasiukevich VS, Aniskov NI, Safonova IV. Spring grain quality of Omsk oat varieties in the extreme environmental conditions. *Vestnik NGAU*. 2020;(2):84–96. (In Russ.). doi: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96 EDN: MTSHKB
9. Rani A, Kumar V. Soybean Breeding. In: *Fundamentals of Field Crop Breeding*. Singapore: Springer; 2022. p.907–944. doi: 10.1007/978-981-16-9257-4\_17
10. Hegstad JM, Nelson RL, Renny-Byfield S, Feng L, Chaky JM. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019;132(9):2541–2552. doi: 10.1007/s00122-019-03369-2 EDN: WDGZHS
11. Zelentsov SV, Moshenko EV. Prospects for breeding of high-protein soybean cultivars: modelling of mechanisms of protein increase in the seeds (report 1). *Oil Crops*. 2016;(2):34–41. (In Russ.). EDN: WXSCKV
12. Vasina EA, Butovets ES, Lukyanchuk LM. Results of a study of soybean source material for breeding purposes under the conditions of Primorsky territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(4):19–29. (In Russ.). doi: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29 EDN: SZUJVA
13. Novikova LY, Seferova IV, Nekrasov AY, Perchuk IN, Shelenga TV, Samsonova MG, et al. Impact of weather and climate on seed protein and oil content of soybean in the North Caucasus. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(6):708–715. (In Russ.). doi: 10.18699/VJ18.414 EDN: XYZCKD
14. Butovets ES, Lukyanchuk LM, Vasina EA, Strashenko TN, Kukuruza GO. Weather and climatic conditions impact on protein and oil synthesis in soybean seeds in the Primorsky region. *Bulletin of KSAU*. 2023;(2):88–97. (In Russ.). doi: 10.36718/1819-4036-2023-2-88-97 EDN: UDCBDT
15. Zhivotkov LA, Morozova ZA, Sekatueva LI. Methods for identifying potential productivity and adaptability in varieties and breeding forms of winter wheat for yield. *Breeding and Seed Production*. 1994;(2):3–7. (In Russ.).
16. Goncharenko AA. On the adaptability and ecological stability of varieties of grain crops. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2005;(6):49–53. (In Russ.). EDN: HSFQAX
17. Baranskii DI. Ecological plasticity and its role in the process of variety mix degradation. *Visnik selektsiino-genetichnogo viddilu Odes'koï kraiovoi sil's'kogospodars'koi doslidnoi stantsii*. 1926;(2):81–91. (In Russ.).

18. Nettevich ED, Morgunov AI, Maksimenko MI. Improvement of efficient selection of spring wheat for stability of harvest yield and grain quality. *Bulletin of Agricultural Science*. 1985;(1):66–73. (In Russ.).
19. Gryaznov AA. *Karabalykskii yachmen'* [Barley of Karabalyk]. Kustanai; 1996. (In Russ.).

**Об авторе:**

*Бутовец Екатерина Сергеевна* — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, и.о. зав. лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Российская Федерация, 692539, Приморский край, г. Уссурийск, п. Тимирязевский; e-mail: otdelsoy@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-2879-3570 SPIN-код: 9172-0107

**About the author:**

*Butovets Ekaterina Sergeevna* — PhD (Agricultural Sciences), Leading Researcher, Acting Head of Soybean Laboratory Breeding, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Timiryazevsky Settlement, Ussuriysk, Primorsky Krai, 692539; Russian Federation; e-mail: otdelsoy@mail.ru  
ORCID: 0000-0002-2879-3570 SPIN-code: 9172-0107