

## Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои

А. П. Галиченко<sup>✉</sup>, Е. М. Фокина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

<sup>✉</sup>E-mail: gap@vniisoi.ru

**Аннотация.** Цель – изучить корреляционную зависимость урожайности сортов сои от гидротермических условий южной зоны Амурской области. **Методы.** Объект исследования – местные районированные стандартные сорта сои – Лидия, Даурия и Алена. Экспериментальная часть работы проведена в 2017–2021 гг. на опытном поле лаборатории селекции и генетики сои Федерального научного центра Всероссийского научно-исследовательского института сои (ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои). Сорта изучали в питомнике конкурсного сортоиспытания. Посев осуществляли в трехкратной повторности методом рендомизированных повторений (блоков) в период 19 по 21 мая сеялкой СН-П-16. Площадь делянки – 40,5 м<sup>2</sup>. В течение вегетации производили культивацию, ручные прополки, фенологические наблюдения и визуальные оценки. Уборку делянок вели сплошным обмолотом комбайном «Сампо 130». Урожайность сортов определяли с пересчетом на стандартную влажность (14 %). **Результаты.** В процессе проведенного анализа урожайных данных сортов в зависимости от погодных условий было установлено, что избыточно влажными были 2019 и 2020 гг. (ГТК – 2,6 и 2,4 соответственно), оптимальные условия сложились в 2017 г. (ГТК – 1,7). Самая высокая среднесортная урожайность за годы исследований – 26,5 ц/га отмечена в 2017, самая низкая – 23,4 ц/га – в сложных метеорологических условиях 2018 г. из-за засушливого периода начального этапа роста растений и сильных ливневых осадков впоследствии. В процессе изучения установлено, что на формирование урожайности сорта сои Лидия основное влияние оказывает сумма активных температур в периоды «всходы – цветение» и «цветение – созревание» ( $r = 0,51$  и  $-0,53$ ). Продуктивность сорта Даурия в большей степени зависит от температуры воздуха ( $r = -0,61$ ) и суммы осадков и ГТК периода «цветение – созревание» ( $r = 0,62$ ;  $0,67$ ). Сорт сои Алена показал довольно тесную корреляционную зависимость продуктивности от суммы активных температур периодов «посев – всходы» и «цветение – созревание» ( $r = -0,87$  и  $-0,68$ ) и суммы осадков и ГТК периода «всходы – цветение» ( $r = -0,64$  и  $-0,60$  соответственно). **Научная новизна.** Выявлены особенности влияния метеорологических условий на урожайность сортов сои различных групп спелости, определена корреляционная связь между ними. Установлено, что все изучаемые сорта являются высокоадаптивными к изменяющимся погодно-климатическим условиям Амурской области.

**Ключевые слова:** соя, сорт, метеорологические условия, сумма активных температур, сумма осадков, гидротермический коэффициент, урожайность, корреляция.

**Для цитирования:** Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 07 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.

**Дата поступления статьи:** 15.04.2022, **дата рецензирования:** 27.04.2022, **дата принятия:** 13.05.2022.

### Постановка проблемы (Introduction)

Особую заинтересованность для сельскохозяйственного производства представляют зернобобовые культуры из-за двух важнейших качеств, характерных для видов семейства Fabaceae и определяющих их высокую экономическую, хозяйственную и экологическую значимость: высокое содержание белка и способность растений использовать фикси-

рованный атмосферный азот. Исключительным химическим составом семян обращает на себя внимание соя *Glycine max* (L.) Merr. Она является одной из главнейших масличных культур и источником белка в современном сельском хозяйстве. Этот род возник в Китае более 3000 лет назад в результате одомашнивания дикой сои (*Glycine soja*). В настоящее время соя распространилась далеко за пределы

региона своего происхождения в страны с различными почвенно-климатическими условиями [1–3].

В мировом растениеводстве производство этой культуры развивается очень динамично, что объясняется возрастающим спросом на растительные масла и дефицитом животного белка. К настоящему времени соя возделывается в 94 странах мира, практически на всех континентах планеты [4–6].

В последние годы происходит стремительный рост производства сои в России за счет увеличения ареала возделывания и повышения ее урожайности. В 2020 г. под соей было занято 2,86 млн га, что составило 3,6 % от общего объема посевных площадей в стране. Валовой сбор культуры увеличился до 3,6 млн тонн [7].

В процессе интенсификации земледелия происходит повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в результате улучшения условий их возделывания и применения новых урожайных сортов. При этом роль сорта оказывается значительной. Данные научно-исследовательских учреждений РФ и мировая практика показывают, что доля сорта в общем приросте урожайности полевых культур составляет от 25 до 50 %. Сорт является не только фактором повышения урожайности, но и условием, без которого трудно воплотить в жизнь достижения науки и техники. Ценность сорта тем выше, чем больше в нем сочетаются самые важные технологические, хозяйственные и биологические свойства. Создание высокопродуктивных и экологически устойчивых сортов и гибридов, способных с наибольшей эффективностью задействовать в процессе развития ресурсы окружающей среды, препятствовать действию абиотических и биотических стрессоров, их разумное адаптивное распределение во времени и пространстве на основе знаний об особенностях биологии, морфологии и физиологии культуры является на сегодняшний день одной из главных целей в селекционных исследованиях [8–11].

Зависимость между метеорологическими условиями и урожайностью сельскохозяйственных культур направлена на объяснение воздействия изменчивости климата на окружающую среду. Колебания температуры и влажности воздуха оказывают воздействие на водный баланс и являются главными факторами повышения или понижения урожайности сельскохозяйственных культур. Такие гидротермические вариации способны затронуть любой регион. И даже в технически развитых странах они могут привести к серьезным последствиям в производстве продуктов питания [12].

Изменения климата становятся в настоящее время существенным фактором внутренней и внешней политики, которые грозят серьезными проблемами для устойчивого развития экономики, в том числе аграрного сектора. На территории России продолжается потепление, темпы которого ощутимо пре-

вышают среднеглобальные. Увеличение средней температуры воздуха в среднем за десять лет на территории РФ составило 0,49 °С. Это более чем в два с половиной раза больше скорости роста глобальной температуры за тот же период. Отмечается, что на всей территории аграрной зоны России растет обеспеченность теплом сельскохозяйственных культур, что приводит к росту продолжительности периода вегетации. Количество осадков в целом по стране также увеличивается [13; 14].

Как и другие зернобобовые культуры, соя зависима от влияния стрессовых факторов, которые возникают при изменении погодно-климатических условий в процессе формирования урожая. В отдельные годы отмечаются сильное снижение урожайности и ее нестабильность при выращивании в различных агроклиматических условиях. Одним из важных свойств современных сортов сои является способность приспосабливаться к изменяющимся погодным условиям региона, то есть их адаптационная способность [15; 16].

Дальний Восток в целом является регионом, благоприятным для возделывания сои, так как муссонно-континентальный климат, оптимальная или недостаточная влажность на начальном этапе развития культуры, повышенная в период цветения и бобообразования, достаточно высокие дневные температуры в период цветения соответствуют биологии сои. На территории Дальневосточного федерального округа (ДФО) соя является основной возделываемой культурой, на долю южных регионов ДФО приходится около 50 % общей площади посевов сои в России. Главной целью на современном этапе развития является создание сортов сои, способных обеспечить высокие урожаи в условиях с ограниченными тепловыми ресурсами, которую с успехом решают ученые-селекционеры научно-исследовательских организаций региона [17].

Соя в условиях Амурской области может произрастать в диапазоне сумм активных температур от 1800 до 2700 °С. Сумма осадков за вегетацию в среднем составляет 400–600 мм. Однако в период вегетации часто отмечается крайне неравномерное выпадение осадков, а иногда кратковременное понижение температуры воздуха в конце мая – начале июня, которое способствует затягиванию появления всходов, обуславливая их неравномерность. Из-за избыточного переувлажнения почвы в период цветения и налива бобов растения сои не формируют полноценную продуктивную завязь бобов, что негативно отражается на урожайности. Тем не менее в целом комплекс гидротермических и других условий региона делает возможным получение стабильного урожая зерна сои высокого качества [18; 19].

Цель исследований – изучить корреляционную зависимость урожайности сортов сои от погодно-климатических условий южной зоны Амурской области.

**Методология и методы исследования (Methods)**

Исследования проведены в 2017–2021 гг. на экспериментальном поле лаборатории селекции и генетики ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, расположенном в с. Садовое Тамбовского района Амурской области. Почвы опытного участка лугово-черноземовидные, среднеспособные, тяжелые по гранулометрическому составу. Реакция почвенной среды слабокислая ( $pH_{КС1} = 4,8 \dots 5,0$ ), содержание гумуса – 2,60...2,86%, минерального азота – 15,2...17,2 мг/кг почвы, подвижного фосфора и калия – 76...98 и 169...199 мг/кг почвы соответственно. Обработка почвы включала зяблевую вспашку, весеннее дискование, внесение минеральных удобрений с последующей культивацией, предпосевное внесение почвенного гербицида с дальнейшим прикапыванием и маркированием опытного участка. Изучение сортов проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания. Посев осуществляли в трехкратной повторности методом рендомизированных повторений (блоков) в период 19 по 21 мая сеялкой СН-П-16. Площадь делянки – 40,5 м<sup>2</sup>. В течение вегетации выполняли культивацию, ручные прополки, фенологические наблюдения и визуальные оценки. Уборка делянок велась сплошным обмолотом комбайном «Сампо 130». Урожайность сортов определяли с пересчетом на стандартную влажность (14 %).

Объект исследования – 3 стандартных сорта сои различных групп спелости селекции ВНИИ сои: скороспелый (Лидия), среднеспелый (Даурия) и позднеспелый (Алена).

Сорт сои Лидия (патент № 2628, оригинатор ВНИИ сои) включен в 2005 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ для использования по 11 (Восточно-Сибирскому) и 12 (Дальневосточному) регионам. Период вегетации – 100 дней (96–104), предназначен для выращивания в умеренно холодных сосеющих регионах. Высота растений достигает 73 (57–90) см, высота прикрепления нижнего боба – 15 (12–18) см. Окраска цветка фиолетовая, лист заостренно-яйцевидный трехлисточковый. Бобы слабоизогнутые с заостренным кончиком среднего размера двух-, трехсемянные. Цвет бобов светло-коричневый, опушение рыжее. Семена желтые, блеск слабый. Форма семян овально-плоская или овально-удлиненная, поверхность гладкая, в различные годы морщинистая до разрыва оболочки. Рубчик коричневой окраски, очертание рубчика расплывчатое, середина рубчика в виде глазка, по форме широкоовальный, удлиненный, встречается средних размеров. Масса 1000 семян – 158–168 г. Содержание белка в семенах находится в пределах 39,3–41,1 %, жира – 20,6–21,8 %. Урожайность семян составляет 2,0–3,05 т/га. Норма высева семян – 600–650 тыс. шт./га. Форма куста полужатая, с 2–5 боковыми ветками. Данный сорт формирует высокую урожайность за счет большого числа

бобов на ветвях и главном стебле. Сорт приспособлен к механизированному возделыванию, без надлома ветвей у основания стебля. Совокупность высокой продуктивности и скороспелости позволяет получать высокие урожаи зерна хорошего качества. Предназначен для зернового и пищевого использования.

Сорт сои Даурия (патент № 1850, оригинатор ВНИИ сои) в 2003 г. включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ для использования по (Дальневосточному) региону. Период вегетации в среднем составляет 106 (104–110) дней. Высота растений достигает 70 (50–90 см), высота прикрепления нижнего боба 16 (15–18) см. Цветок фиолетовый, лист яйцевидный трехлисточковый. Бобы серого цвета, двух-, трех-, четырехсемянные, слабоизогнутые, заостренные, опушение серое. Семена округлой формы, желтого цвета, рубчик линейный цвета семени. В основании рубчика – точка темного цвета, которая иногда принимает вид расплывчатого пятна коричневого цвета. Масса 1000 семян – 182,5–214,5 г. Содержание жира в семенах находится в пределах 19,9–21,9 %, белка – 37,3–40,3%. Урожайность семян достигает 2,52–3,64 т/га. Норма высева составляет 480–520 тыс. шт./га. Сорт хорошо приспособлен к механизированному возделыванию. Куст устойчив к полеганию, сжатый с 1–4 ветками, нет надлома ветвей у основания стебля. Растения сорта устойчивы к корневым гнилям, филлостиктозу, бактериозу и септориозу. Предназначен для пищевого и зернового использования.

Сорт сои Алена (патент № 7435, оригинатор ВНИИ сои) включен в Государственный реестр селекционных достижений в 2014 г. для использования по Дальневосточному региону. Продолжительность периода вегетации – 110–125 дней, в среднем 117 дней, сорт относится к позднеспелой группе. Высота растений достигает 85–110 см, высота прикрепления нижних бобов – 18–32 см. Цветок фиолетовый, лист ланцетовидный трехлисточковый. Бобы двух-, трех-, четырехсемянные (четырёхсемянных около 40 %) серого цвета, опушение серое. Семена желтые, слабо-блестящие, шаровидные, поверхность семян гладкая. Рубчик маленький, овальной формы, желтого цвета. Масса 1000 семян находится в пределах 152–200 г. Содержание в семенах белка достигает 38,1–38,7 %, жира – 18,0–19,9 %. Потенциальная урожайность – 3,90 т/га, средняя – 3,56 т/га. Срок посева с 6 по 20 мая. Норма высева семян составляет 400–500 тыс. шт./га. Сорт сои Алена обладает высокой устойчивостью к септориозу и бактериальным болезням, средней устойчивостью к филлостиктозу и корневым гнилям. Устойчив к пониженным температурам в период прорастания, рекомендуется ранний посев с 8 по 15 мая. Тип роста куста – индетерминантный, форма куста прямостоячая с ограниченным количеством веток

без надлома у основания стебля. Растения не полегают, бобы не растрескиваются. Сорт хорошо приспособлен к механизированному возделыванию. Предназначен для пищевого и зернового использования [18; 19].

Для оценки влияния погодных условий на урожайность сои использовали следующие показатели: температура воздуха, осадки и гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК) в основные периоды развития растений сои. Метеоданные получены с гидрометеостанции г. Благовещенска и метеопоста Садовый. Проводили расчет коэффициентов парной корреляции Пирсона (некоторое число от  $-1$  до  $1$ , характеризующее тесноту линейной корреляционной связи между зависимой и независимой случайными величинами) [20].

### Результаты (Results)

Анализ вегетационных периодов изучаемых лет позволил установить, что суммы активных температур (более  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) были выше среднееголетнего значения на  $124\text{--}238\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Суммы осадков в течение 5 лет превышали среднееголетний показатель на  $52\text{--}176\text{ мм}$ . Среднееголетняя величина гидротермического коэффициента за исследуемый период составила  $1,8$ .

Гидротермический режим 2017 г. в течение всей вегетации сои был наиболее близок к норме (ГТК  $= 1,7$ ), наблюдалось незначительное превышение температур в пределах  $0,2\text{--}1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  от среднееголетнего показателя, осадков за период выпало на  $52\text{ мм}$  больше нормы (рис. 1, 2, 3).

В течение всей вегетации 2018 г. наблюдался неравномерный температурный фон с превышением температуры в мае, июле и августе на  $0,8\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и понижением в июне на  $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  относительно среднееголетней. При этом в мае отмечен недостаток влаги, что отрицательно отразилось на всходах и на развитии растений сои в начальный период роста, в июне и июле – переизбыток, превышение среднееголетних показателей произошло на  $103,2\text{ мм}$  (ГТК  $= 3,5$ ) и на  $75,8\text{ мм}$  (ГТК  $= 2,6$ ) соответственно, в результате чего наблюдалось сильное переувлажнение почвы и гибель растений на отдельных участках.

Сложившиеся погодные условия 2019 г. (ГТК  $= 2,6$ ) отличались переувлажнением почвы и понижением температур на  $0,1\text{--}0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  относительно среднееголетних значений. Сумма осадков в мае превышала среднееголетний показатель на  $27,6\text{ мм}$ , в июне – на  $9,4\text{ мм}$ , максимальное количество осадков выпало в июле –  $246,8\text{ мм}$ , что на  $140,8\text{ мм}$  больше среднееголетнего показателя.

Метеорологические условия 2020 г. также характеризовались нестабильным температурным фоном (температуры в течение всей вегетации превышали среднееголетние показатели на  $1,1\text{--}2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и отличались избыточным количеством осадков. В мае сумма осадков превысила норму на  $33,5\text{ мм}$ , в июне – на  $55\text{ мм}$ , в августе – на  $72,2\text{ мм}$ , в сентябре – на  $44,3\text{ мм}$ , июль был сравнительно сухой, осадков выпало на  $63,3\text{ мм}$  ниже среднееголетнего показателя. Показатель ГТК за период составил  $2,4$ .

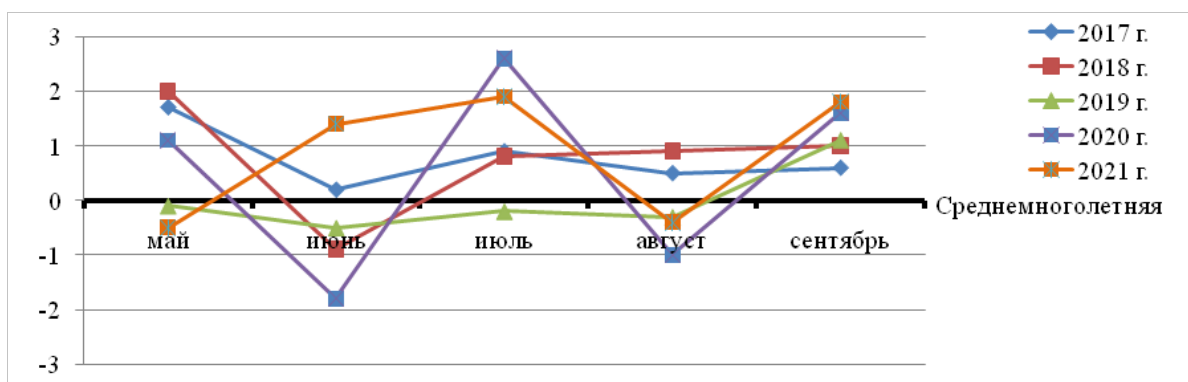


Рис. 1. Отклонение температуры воздуха относительно среднееголетних показателей,  $^{\circ}\text{C}$

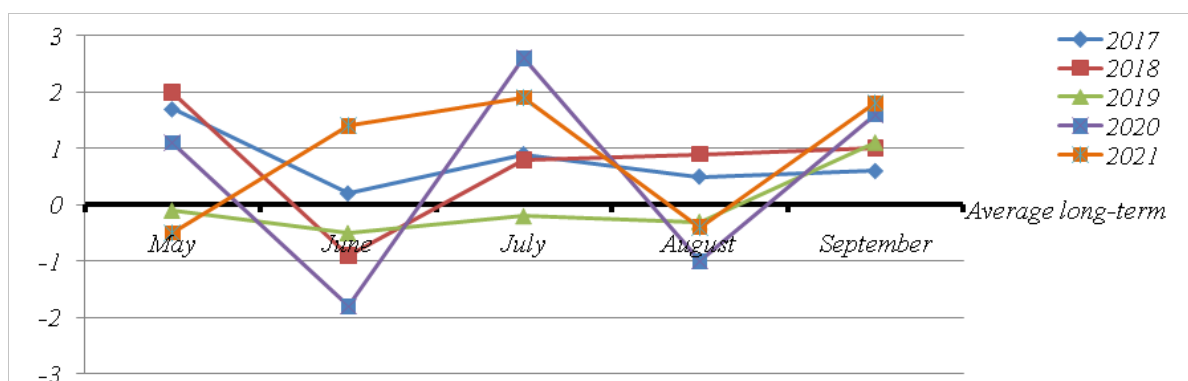


Fig. 1. Deviation of the air temperature relative to the average long-term indicators,  $^{\circ}\text{C}$

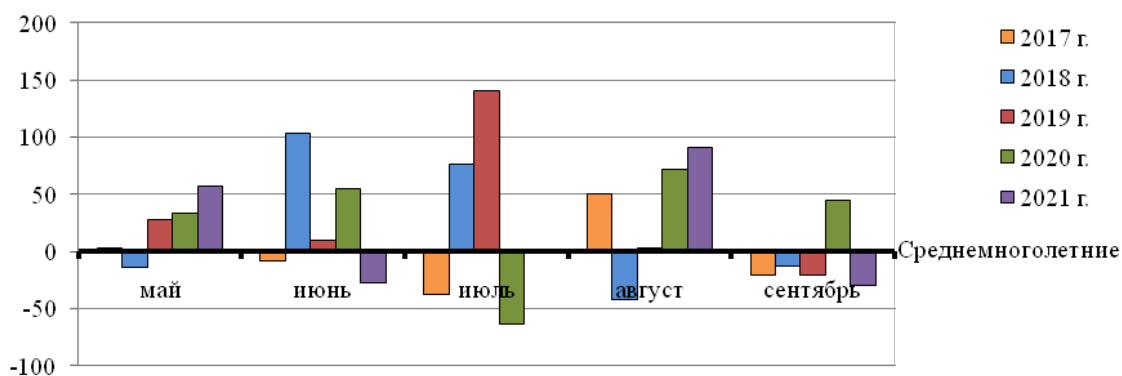


Рис. 2. Отклонение количества осадков относительно средне многолетних показателей, мм

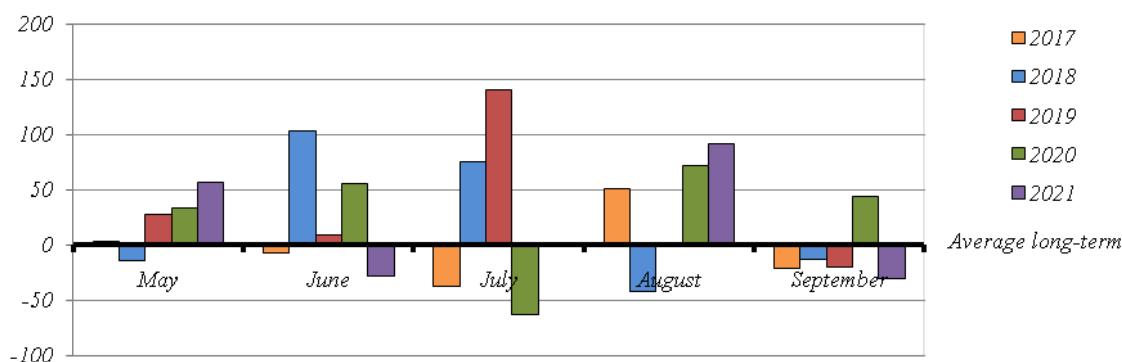


Fig. 2. Deviation of the amount of precipitation relative to the average annual indicators, mm

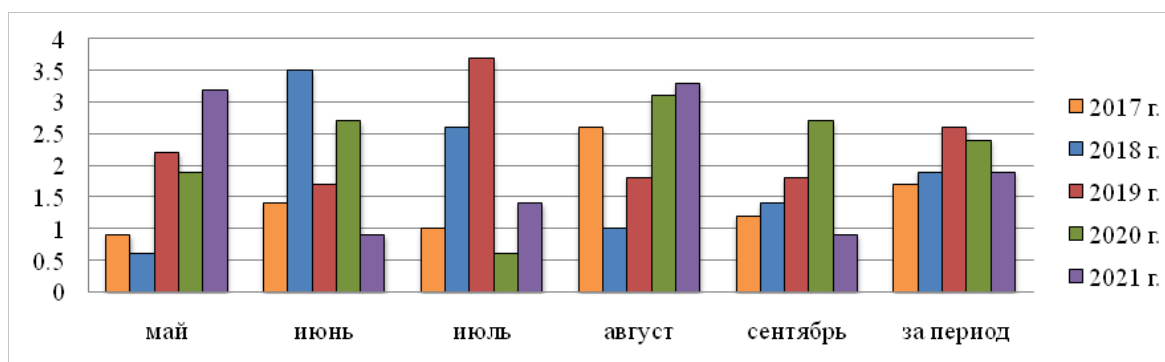


Рис. 3. Гидротермический коэффициент в период вегетации сои 2017–2021 гг.

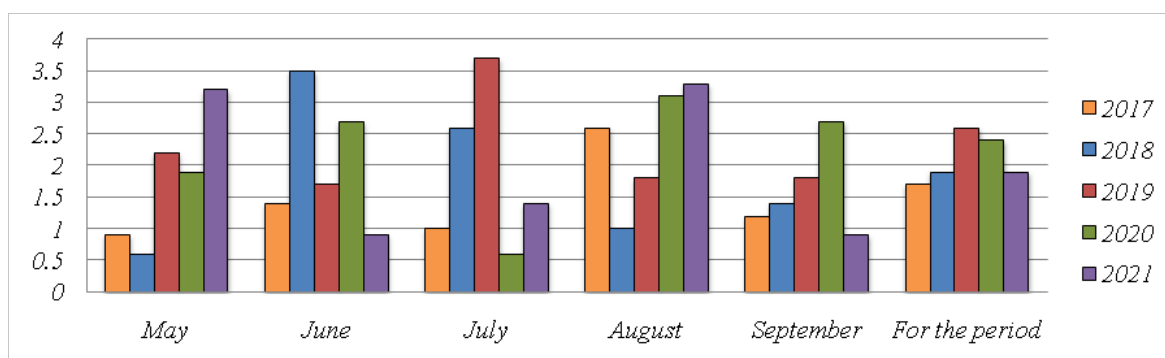


Fig. 3. Hydrothermal factor during the growing season of soybeans 2017–2021



Таблица 1  
Урожайность стандартных сортов сои (2017–2021 гг.)

Урожайность ц/га	Сорт			Среднесортная урожайность	НСР <sub>05</sub>
	Лидия	Даурия	Алена		
2017 г.	24,7	24,7	30,0	26,5	2,9
2018 г.	22,5	22,7	25,0	23,4	1,6
2019 г.	24,6	26,6	28,1	26,4	1,5
2020 г.	22,6	25,2	27,7	25,2	1,4
2021 г.	22,6	23,8	27,2	24,5	1,5
$\bar{x} \pm S_x$	23,4 ± 0,5	24,6 ± 0,6	27,6 ± 0,8	25,2 ± 0,6	–
$V_\sigma, \%$	4,4	5,3	5,8	4,6	–

$\bar{x}$  – средняя арифметическая;  $S_x$  – ошибка выборки;  $V_\sigma$  – коэффициент вариации.

Table 1  
Yield of standard soybean varieties (2017–2021)

Yield c/ha	Variety			Average varietal yield	LSD <sub>05</sub>
	Lidiya	Dauriya	Alena		
2017	24.7	24.7	30.0	26.5	2.9
2018	22.5	22.7	25.0	23.4	1.6
2019	24.6	26.6	28.1	26.4	1.5
2020	22.6	25.2	27.7	25.2	1.4
2021	22.6	23.8	27.2	24.5	1.5
$\bar{x} \pm S_x$	23.4 ± 0.5	24.6 ± 0.6	27.6 ± 0.8	25.2 ± 0.6	–
$V_\sigma, \%$	4.4	5.3	5.8	4.6	–

$\bar{x}$  is the arithmetic mean;  $S_x$  is the sampling error;  $V_\sigma$  is the coefficient of variation.

Таблица 2  
Корреляционная зависимость урожайности стандартных сортов сои от метеорологических показателей периода вегетации 2017–2021 гг.

Метеорологические показатели	Фаза развития	Сорт		
		Лидия	Даурия	Алена
Сумма активных температур, °С	Посев – всходы	–0,38	–0,48	–0,87
	Всходы – цветение	+0,51	–0,10	+0,13
	Цветение – созревание	–0,53	–0,60	–0,68
Сумма осадков, мм	Посев – всходы	–0,37	+0,31	+0,09
	Всходы – цветение	–0,32	–0,26	–0,64
	Цветение – созревание	+0,08	+0,62	+0,25
ГТК	Посев – всходы	–0,34	+0,34	+0,16
	Всходы – цветение	–0,40	–0,25	–0,60
	Цветение – созревание	+0,13	+0,67	+0,29

Table 2  
Correlation dependence of the yield of standard soybean varieties on meteorological indicators of the growing season 2017–2021

Meteorological indicators	Development phase	Variety		
		Lidiya	Dauriya	Alena
Effective heat sum, °C	Dropping – sprouting	–0.38	–0.48	–0.87
	Sprouting – flowering	+0.51	–0.10	+0.13
	Flowering – ripening	–0.53	–0.60	–0.68
Total precipitation, mm	Dropping – sprouting	–0.37	+0.31	+0.09
	Sprouting – flowering	–0.32	–0.26	–0.64
	Flowering – ripening	+0.08	+0.62	+0.25
HTF	Dropping – sprouting	–0.34	+0.34	+0.16
	Sprouting – flowering	–0.40	–0.25	–0.60
	Flowering – ripening	+0.13	+0.67	+0.29

В 2021 г. в течение всего периода вегетации сои температуры превышали среднесезонные показатели на 1,4–1,9 °С. Выпадение осадков было неравномерным – в мае и августе выпало на 57,1 мм и на 91,2 мм соответственно больше нормы, в июне и сентябре на 27,9 мм и на 30,1 мм меньше, июль практически соответствовал среднесезонному показателю. ГТК за период составил 1,9.

Проведенные исследования позволили установить, что метеорологические условия периодов вегетации 2017–2021 гг. в значительной степени определяли изменчивость показателей урожайности стандартных сортов сои (таблица 1). Наиболее благоприятные погодные условия для возделывания сои (по показателю ГТК за вегетационный период) сложились в 2017 г. В этот же год отмечена самая высокая среднесортная урожайность за годы исследований – 26,5 ц/га. Наиболее влажными являлись 2019 и 2020 гг. Однако погодные условия 2019 г. позволили получить среднесортную урожайность 26,4 ц/га, что объясняется постепенно нарастающим без засушливых периодов характером увлажнения почвы под посевами и достаточным количеством тепла за вегетацию – это положительно отразилось на благополучном прохождении всех фаз развития растениями сои. Самая низкая среднесортная урожайность отмечена в достаточно сложных метеорологических условиях 2018 г. – 23,4 ц/га сначала из-за засухи, а затем из-за сильных дождей, вследствие чего наблюдалось явление абортивности семян в бобах.

В большей мере на формирование урожайности сорта сои Лидия оказывает влияние сумма активных температур в периоды «всходы – цветение» и «цветение – созревание». Коэффициент парной корреляции  $r$  между показателями урожайности сои и суммой температур в эти периоды составлял 0,51 и –0,53 (таблица. 2).

Продуктивность сорта Даурия зависит основным образом от температур и влагообеспеченности в период цветение – созревание, когда происходит интенсивная закладка репродуктивных органов и налив бобов. В эти фазы отмечена средняя корреляционная зависимость продуктивности с суммой

активных температур ( $r = -0,61$ ) и суммой осадков и ГТК ( $r = 0,62; 0,67$ ) соответственно. Значительное влияние на урожайность сорта Алена оказывает сумма активных температур периода «посев – всходы» и «цветение – созревание» ( $r = -0,87$  и  $-0,68$ ) и сумма осадков и ГТК периода «всходы – цветение» ( $r = -0,64$  и  $-0,60$  соответственно). При этом следует отметить, что коэффициенты корреляции могут быть коллинеарными.

#### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Наиболее благоприятными для роста и развития сои являются вегетационные периоды, когда высоким тепловым ресурсам соответствует умеренное или большое количество равномерно выпадающих осадков. При этом переувлажнение почвы на участках с понижением рельефа может негативно отразиться на величине урожая. Урожайность различных сортов сои в большей степени зависит от погодных условий основных фаз развития культуры. Анализ корреляционных взаимоотношений подтверждает, что урожайность всех изучаемых сортов имеет среднюю и сильную зависимость от температуры воздуха периодов посев – всходы, цветение – созревание. При этом для различных сортов наиболее важными по влагообеспеченности являются периоды «всходы – цветение» либо «цветение – созревание». На формирование урожайности сорта Лидия решающее значение оказывают суммы активных температур периодов «всходы – цветение» и «цветение – созревание», тогда как продуктивность среднеспелого сорта Даурия более зависит от погодных условий периода «цветение – созревание». На урожайность позднеспелого сорта Алена значительное влияние оказывает температурный режим периодов «посев – всходы» и «цветение – созревание», осадки и ГТК – периода «всходы – цветение». Данные показатели указывают на то, что изучаемые сорта сои значительно различаются по морфологии развития и отзывчивости на складывающиеся погодные условия. Низкий размах варьирования урожайности по годам позволяет сделать заключение, что сорта Лидия, Даурия и Алена хорошо адаптированы к условиям региона.

#### Библиографический список

1. Фадеева А. Н., Абросимова Т. Н. Урожайность и качество семян сортов сои различного эколого-географического происхождения // Земледелие. 2019. № 3. С. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310.
2. Шабалдас О. Г., Пимонов К. И., Фролов С. С. Устарханова Э. Г., Вайцеховская С. С. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от агрометеорологических условий // Вестник АПК Ставрополя. 2020. № 4 (40). С. 74–80. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-74-80.
3. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. No. 11 (4). Pp. 11–17. DOI: 10.15421/2021\_193.
4. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.
5. Шукис Е. Р., Мухин В. Н., Шукис С. К. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды // Вестник АГАУ. 2018. № 1 (159). С. 23–29.

6. 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. No. 147. Pp. 1379–1399.
7. *Сельское хозяйство в России. 2021: Стат. сб.* Москва: Росстат, 2021. 100 с.
8. Агропромышленный портал России. Значение сорта в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс]. URL: <http://agro-portal24.ru> (дата обращения: 11.02.2022).
9. De Oliveira Aparecido L. E., Torsoni G. B., da Silva Cabral de Moraes J. R. et al. Modeling the impact of agrometeorological variables on soybean yield in the Mato Grosso Do Sul: 2000–2019 // *Environment, Development and Sustainability*. 2021. No. Pp. 5151–5164.
10. Li C., Ma C., Cui Y. et al. UAV Hyperspectral Remote Sensing Estimation of Soybean Yield Based on Physiological and Ecological Parameter and Meteorological Factor in China // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2021. No. 48. Pp. 873–886.
11. Сихарулидзе Т. Д., Храмой В. К. Влияние температурного режима на продолжительность вегетационного периода и урожайность сои в условиях центрального Нечерноземья // *Известия ТСХА*. 2017. № 4. С. 32–39.
12. Иванова И. Ю., Фадеев А. А. Влияние погодных условий на урожайность сои в условиях Волго-Вятского региона // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 4 (36). С. 93–98.
13. Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Модельные оценки влияния климата на урожайность зерновых и зернобобовых культур в регионах России // *Проблемы прогнозирования*. 2021. № 2 (185). С. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86.
14. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2021 год. Москва, 2022. 104 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (дата обращения: 12.02.2022).
15. Gong L., Liu D., Jiang L. et al. Distribution characteristics of climate potential productivity of soybean in frigid region and its response to climate change // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. No. 29. Pp. 7452–7464.
16. Гагаулина Г. Г. Заренкова Н. В., Никитина С. С. Сорта сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность // *Кормопроизводство*. 2019. № 7. С. 34–40.
17. Фокина Е. М., Титов С. А. Новые сорта сои амурской селекции // *Вестник ДВО РАН*. 2021. №3 (217). С. 85–91. DOI: 10.37102/0869-7698\_2021\_217\_03\_14.
18. Каталог сортов сои / Е. М. Фокина, Г. Н. Беляева, М. О. Синеговский, В. Т. Синеговская, О. О. Клеткина; под общ. ред. академика РАН В. Т. Синеговской. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 69 с.
19. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / Под общ. ред. М. О. Синеговского. Благовещенск: ООО «ИПК «ОДЕОН», 2021. 79 с.
20. Унгурияну Т. Н., Гржибовский А. М. Корреляционный анализ с использованием пакета статистических программ STATA // *Экология человека*. 2014. № 9. С. 60–64.

**Об авторах:**

Анна Петровна Галиченко<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сои, ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963; +7 924 670-54-03, [gap@vniisoi.ru](mailto:gap@vniisoi.ru)

Евгения Михайловна Фокина<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сои, ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273, +7 914 383-69-97, [fem@vniisoi.ru](mailto:fem@vniisoi.ru)

<sup>1</sup> Федеральное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

## Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean

A. P. Galichenko<sup>1</sup>✉, E. M. Fokina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, Blagoveshchensk, Russia

✉E-mail: [gap@vniisoi.ru](mailto:gap@vniisoi.ru)

**Abstract.** The purpose is to study correlation dependence of soybean varieties yield on hydrothermal conditions of the southern zone of the Amur region. **Methods.** The subject of research are local recognized standard soybean



varieties – Lidiya, Dauriya, and Alena. The experimental part of the work was carried out in 2017–2021 on the experimental field of the Soybean Breeding and Genetics Laboratory of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean (FSBSI FRC ARSRIS). The varieties were studied in the nursery of competitive variety testing. Sowing was carried out in triplicate by the method of randomized repetitions (blocks) in the period from May 19 to May 21 using a SN-P-16 seeder. The plot area is 40.5 m<sup>2</sup>. During the growing season, cultivation, manual weeding, phenological observations and visual assessments were carried out. The plots were harvested by continuous threshing with a Sampo 130 combine. The yield of varieties was determined in terms of standard moisture content (14 %). **Results.** In the course of the yield data analysis of varieties depending on weather conditions it was found that 2019 and 2020 were excessively wet (HTF – 2.6; 2.4), optimum conditions developed in 2017 (HTF – 1.7). The highest average varietal yield (26.5) over the years of research was noted in 2017, the lowest (23.4 c/ha) – in adverse meteorological conditions of 2018, due to drought period of the early plant growth and heavy storm rainfall afterwards. It was found in the course of research that formation of the Lidiya soybean variety yield is mainly influenced by the effective heat sum during periods of sprouting – flowering and flowering – ripening ( $r = 0.51$  and  $-0.53$ ). The productivity of the Dauriya variety is more dependent on the air temperature ( $r = -0.61$ ) and total precipitation, and HTF of flowering – ripening periods ( $r = 0.62$ ;  $0.67$ ). The Alena soybean variety showed a fairly close correlation dependence of the productivity on the effective heat sum of the periods of dropping – sprouting and flowering – ripening ( $r = -0.87$  and  $-0.68$ ), and the amount of precipitation and HTF of the period sprouting – flowering ( $r = -0.64$  and  $-0.60$  respectively). **Scientific novelty.** Special aspects of meteorological effects on the yield of soybean varieties of various ripeness groups have been established; the correlation between them have been determined. It has been found that all studied varieties are highly adapted to changing weather and climatic conditions of the Amur Region. **Keywords:** soybean, variety, meteorological effects, effective heat sum, total precipitation, hydrothermic factor, yield, correlation.

**For citation:** Galichenko A. P., Fokina E. M. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy na formirovaniye urozhaynosti sortov soi selektsii VNII soi [Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 07 (222). Pp. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 15.04.2022, **date of review:** 27.04.2022, **date of acceptance:** 13.05.2022.

### References

1. Fadeeva A. N., Abrosimova T. N. Urozhaynost' i kachestvo semyan sortov soi razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya [Yield and seed quality of soybean varieties of different ecological and geographical origin] // Zemledelie. 2019. No. 3. Pp. 37–40. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10310. (In Russian.)
2. Shabalda O. G., Pimonov K. I., Frolov S. S., Ustarkhanova E. G., Vaytsekhovskaya S. S. Ekonomicheskaya effektivnost' vozdeystviya soi v zavisimosti ot agrometeorologicheskikh usloviy [Economic efficiency of soybean cultivation depending on agrometeorological conditions] // Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2020. No. 4 (40). Pp. 74–80. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-40-74-80. (In Russian.)
3. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. No. 11 (4). Pp. 11–17. DOI: 10.15421/2021\_193.
4. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On Projecting Climate Change Impacts on Soybean Yield in Iran: an Econometric Approach // Environmental Processes. 2020. No. 7. Pp. 73–87.
5. Shukis E. R., Mukhin V. N., Shukis S. K. Kharakteristika sortov soi razlichnykh grupp spelosti i ikh reaktsiya na gidrotermicheskiye usloviya sredi [Characteristics of soybean varieties of different maturity groups and their response to hydrothermal environmental conditions] // Vestnik AGAU. 2018. No. 1 (159). Pp. 23–29. (In Russian.)
6. 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. No. 147. Pp. 1379–1399.
7. Sel'skoye khozyaystvo v Rossii. 2021: statisticheskiy sbornik [Agriculture in Russia. 2021: statistical collection]. Moscow: Rosstat, 2021. 100 p. (In Russian.)
8. Agropromyshlennyy portal Rossii. Znachenkiye sorta v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Agro-industrial portal of Russia. Importance of variety in agricultural production] [e-resource]. URL: <http://agro-portal24.ru> (date of reference: 11.02.2022). (In Russian.)
9. De Oliveira Aparecido L. E., Torsoni G. B., da Silva Cabral de Moraes J. R. et al. Modeling the impact of agrometeorological variables on soybean yield in the Mato Grosso Do Sul: 2000–2019 // Environment, Development and Sustainability. 2021. No. 23. Pp. 5151–5164.

10. Li C., Ma C., Cui Y. et al. UAV Hyperspectral Remote Sensing Estimation of Soybean Yield Based on Physiological and Ecological Parameter and Meteorological Factor in China // *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 2021. No. 49. Pp. 873–886.
11. Sikharulidze T. D., Khramov V. K. Vliyaniye temperaturnogo rezhima na prodolzhitel'nost' vegetatsionnogo perioda i urozhaynost' soi v usloviyakh tsentral'nogo Nechernozem'ya [Influence of temperature regime on the duration of the growing season and soybean yield in the conditions of the Central Non-Chernozem Region] // *Izvestiya TSKHA*. 2017. No. 4. Pp. 32–39. (In Russian.)
12. Ivanova I. Yu., Fadeev A. A. Vliyaniye pogodnykh usloviy na urozhaynost' soi v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona [Influence of weather conditions on soybean productivity in the conditions of the Volga-Vyatka region] // *Legumes and Groat Crops*. 2020. No. 4. (36). Pp. 93–98. (In Russian.)
13. Siptits S. O., Romanenko I. A., Yevdokimova N. Ye. Model'nyye otsenki vliyaniya klimata na urozhaynost' zernovykh i zernobobovykh kul'tur v regionakh Rossii [Model estimates of the impact of climate on the productivity of grain and leguminous crops in the regions of Russia] // *Problemy prognozirovaniya*. 2021. No. 2 (185). Pp. 75–86. DOI: 10.47711/0868-6351-185-75-86. (In Russian.)
14. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2021 god [Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2021] [e-resource]. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (date of reference: 12.02.2022). (In Russian.)
15. Gong L., Liu D., Jiang L. et al. Distribution characteristics of climate potential productivity of soybean in frigid region and its response to climate change // *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. No. 29. Pp. 7452–7464.
16. Gataulina G. G. Zarenkova N. V., Nikitina S. S. Sorta soi severnogo ekotipa: kak pogoda vliyayet na rost, razvitiye, formirovaniye urozhaya i yego variabel'nost' [Soybean varieties of the northern ecotype: how the weather affects growth, development, yield formation and its variability] // *Kormoproizvodstvo*. 2019. No. 7. Pp. 34–40. (In Russian.)
17. Fokina E. M., Titov S. A. Novyye sorta soi amurskoy selektsii [New varieties of soybeans of the Amur breeding] // *Vestnik of Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences*. 2021. No. 3 (217). Pp. 85–91. DOI: 10.37102/0869-7698\_2021\_217\_03\_14. (In Russian.)
18. Katalog sortov soi [Catalog of soybean varieties] / E. M. Fokina, G. N. Belyaeva, M. O. Sinegovskiy, V. T. Sinegovskaya, O. O. Kletkina; under the general editorship of academician of RAS V. T. Sinegovskaya. Blagoveshchensk: OOO "IPK "ODEON", 2021. 69 p. (In Russian.)
19. 100 voprosov i otvetov o vozdeystvovanii soi (rekomentatsii dlya rukovoditeley i spetsialistov sel'skokhozyaystvennykh predpriyatii) [100 questions and answers about soybean cultivation (recommendations for managers and specialists of agricultural enterprises)] // Under the general editorship of M. O. Sinegovskiy. Blagoveshchensk: OOO "IPK "ODEON", 2021. 79 p. (In Russian.)
20. Unguryanu T. N., Grzhibovskiy A. M. Korrelyatsionnyy analiz s ispol'zovaniyem paketa statisticheskikh programm STATA [Correlation analysis using the STATA statistical software package] // *Human Ecology*. 2014. No. 9. Pp. 60–64. (In Russian.)

#### **Authors' information:**

Anna P. Galichenko<sup>1</sup>, junior researcher of the laboratory of soybean breeding and genetics, ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963; +7 924 670-54-03, [gap@vniisoi.ru](mailto:gap@vniisoi.ru)

Evgeniya M. Fokina<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of soybean breeding and genetics, ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273; +7 914 383-69-97, [fem@vniisoi.ru](mailto:fem@vniisoi.ru)

<sup>1</sup>Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Blagoveshchensk, Russia