



**В.Ю. Агеев, Т.А. Сергеева**

*РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Республика Беларусь*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ ДВУХЛЕТКОВ РЕЦИПРОКНЫХ КРОССОВ АМУРСКОГО САЗАНА С КАРПОМ РАЗНОЙ ПОРОДНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗ БЕЛОРУССКОГО КОЛЛЕКЦИОННОГО СТАДА**

**Аннотация.** В результате анализа рыбоводных показателей выращивания двухлетков кроссов, полученных от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности, выявлены отдельные комбинации скрещиваний, характеризующихся эффектом гетерозиса и повышенной специфической комбинационной способностью. У всех комбинаций отмечено преимущество по тем или иным рыбоводным показателям. При использовании трех методов оценки проявления эффекта гетерозиса, установлены кроссы, проявляющие тенденцию к увеличению их продуктивности: лахвинский чешуйчатый х амурский сазан; реципрокные комбинации амурского сазана с немецким и югославским карпом.

**Ключевые слова:** сазан, карп, порода, кросс, гетерозис, двухлеток, прирост массы тела, выживаемость

**Uladzimir Yu. Aheyets, Tatiana A. Sergeeva**

*RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry”, Minsk, Republic of Belarus*

## **THE RESULTS OF GROWING TWO-YEAR-OLD RECIPROCAL CROSSES OF THE AMUR CARP WITH CARP OF DIFFERENT BREEDS FROM THE BELARUSIAN COLLECTION HERD**

**Abstract.** As a result of the analysis of fish-breeding indicators of the cultivation of two-year-old crosses obtained from crossing the Amur carp with collection lines of carp of different breed affiliation, separate combinations of



crosses characterized by the effect of heterosis and increased specific combinational ability were identified. All combinations have an advantage in one or another fish-breeding indicators. When using three methods for assessing the manifestation of the heterosis effect, crosses showing a tendency to increase their productivity were established: Lakhvin scaly x Amur carp; reciprocal combinations of Amur carp with German and Yugoslav carp.

**Keywords:** carp, carp, breed, cross, heterosis, two-year-old, body weight gain, survival

**Введение.** В животноводстве установлено, что разведение в родстве, особенно тесном, приводит к снижению продуктивности по основным хозяйственно-ценным признакам [1, 2, 3]. При близкородственном разведении карпа также обнаружено значительное снижение темпа роста, слабая сопротивляемость неблагоприятным факторам среды, а также более частая встречаемость различных уродств среди потомков [4]. Неблагоприятного влияния близкородственного разведения избегают, подбирая для спаривания неродственных родителей. При определенных комбинациях неродственных родителей (спаривании организмов, принадлежащих к различным линиям и породам, а иногда и видам) можно получить потомство, обладающее большей продуктивностью, чем родительские формы.

Гетерозис — это общебиологическое явление, свойственное всем видам живых существ: растениям и животным. Обычно под термином «гетерозис» обозначают увеличение жизнеспособности, мощности развития гибридов первого поколения по сравнению с родительскими формами. Сведения об использовании эффекта гетерозиса в сельском хозяйстве весьма многообразны. Практически все объекты сельскохозяйственного производства в той или иной степени изучались с точки зрения выявления у них эффекта гетерозиса, который широко используется как в селекционной работе, так и в получении гетерозисных кроссов [5]. Практика показала, что у многих видов сельскохозяйственных животных затраты на получение гетерозисных кроссов вполне оправданы и окупаются. Правильно подобранные компоненты скрещиваний дают потомство с высокой степенью гетерозиса, которая обеспечивает увеличение выхода рыбной продукции на 25–30 %, а по некоторым кроссам до 50 % [6, 7]. Наиболее продуктивные комбинации скрещиваний удается выявить, главным образом, при испытании потомства, то есть, проявление эффекта гетерозиса находится в непосредственной зависимости от выбора родительских форм. Пригодность исходного материала для использования в качестве родителей в гибридных комбинациях скрещиваний определяется не только хозяйственно-



ценными признаками, но также их способностью давать высокий гетерозисный эффект (комбинационной способностью) [8]. Работы по изучению проявления гетерозисного эффекта у рыб, в частности карпа, широко известны со второй половины XIX века. Особенно много внимания уделено изучению гетерозисного эффекта у гибридов карпа с амурским сазаном [7, 9].

В настоящее время успехи отечественной селекции по созданию новых пород и линий, формирование коллекции пород карпа зарубежной селекции, способствуют широкомасштабным работам по получению гетерозисных кроссов и изучению комбинационной способности исходных родительских форм [10].

**Материал и методика.** Работы по изучению гетерозисного эффекта у карпа проводили на базе СПУ «Изобелино» Молодечненского района, Минской области.

Объектами исследований служили кроссы между амурским сазаном девятого поколения с линиями карпа белорусской и зарубежной селекции из коллекционного генофонда.

Оценку гетерозисного эффекта у двухлетков полученных кроссов проводили при совместном выращивании рыбы разного происхождения. Всего исследовано 11 комбинаций скрещиваний и 6 исходных родительских форм, показатели которых сравнивали с опытными кроссами. Выращивание разных по происхождению экспериментальных групп в одном пруду позволило при оценке их рыбохозяйственных особенностей не учитывать влияние окружающей среды [11].

Весной и осенью по общепринятым методикам на основе инвентаризации и бонитировки проводили оценку двухлетков кроссов по комплексу рыбохозяйственных признаков [12]. Для объективного представления о степени гетерозисного эффекта был использован относительный показатель — индекс гетерозиса (ИГ) [13]. С целью определения лучших комбинаций скрещиваний проводили ранжирование кроссов по рыбохозяйственным показателям [14].

При испытании кроссов, полученных от скрещивания амурского сазана с коллекционными линиями карпа, выявлено варьирование величины гетерозиса по отдельным комбинациям скрещиваний. Поэтому комбинационная ценность одной и той же формы может быть выражена двумя способами: средней величиной гетерозиса, наблюдающейся по всем гибридным комбинациям (общая комбинационная способность — далее ОКС) и отклонением от этой величины у той или



иной конкретной комбинации (специфическая комбинационная способность — далее СКС) [8]. О комбинационной ценности родительских форм судят, как правило, по результатам испытания кроссов первого поколения полученных при скрещиваниях этих родительских форм. Главная задача анализа — установить наличие или отсутствие различий между кроссами, а также их родительскими формами. Для определения разницы между средними арифметическими значениями выраженности признака использован показатель нормированного отклонения по Стьюденту ( $t$ ). Статистические показатели рассчитывали по общепринятым методикам [15]. Двухлетки кроссов амурского сазана с карпом разной породной принадлежности из белорусского коллекционного стада и их родительские формы после серийного механического мечения выращивались совместно в одном пруду, следовательно, подвергались влиянию одинаковых условий среды.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Средняя масса кроссов амурского сазана с белорусскими коллекционными линиями, у которых сазан использован в качестве отцовского компонента скрещиваний составила 556,0 г, прирост массы тела 515,8 г, кратность увеличения массы тела 14,2 раз, выживаемость 90,5 %, табл. 1. Повышенными рыбободными показателями в данной группе отличался кросс лахвинский чешуйчатый х сазан, с массой тела 590,2 г, приростом 554,9 г, кратностью увеличения массы тела 19,7 раз и выживаемостью 100,0 %.

В группе реципрокных сочетаний (сазан х белорусские линии) средняя масса тела составила 579,1 г, прирост массы тела 531,4 г, кратность увеличения массы тела 12,1 раз, выживаемость 85,7 %. Повышенными показателями, характеризующими массу тела рыбы, отличался кросс сазан х три прим карп (масса тела 656,7 г, прирост 531,4 г), а по кратности увеличения массы тела и выживаемости за вегетационный период кросс сазан х тремлянский чешуйчатый карп (кратность 17,2 раз, выживаемость 100,0 %).

В группе кроссов, полученных от скрещивания коллекционных пород зарубежной селекции пятого поколения с амурским сазаном из белорусской популяции средняя масса тела составила 553,8 г, прирост 505,8 г, кратность увеличения массы тела 11,5 раз, выживаемость 76,5 %. Повышенными показателями, характеризующими массу тела, отличался кросс немецкий карп х сазан (масса тела 582,4 г, прирост 531,4 г, а повышенной выживаемостью в этой группе отличался кросс югославский карп х сазан (86,3 %). Величины кратности увеличения массы тела у указанных кроссов отклонялись не значительно (11,4 и 11,8 раз).



Таблица 1. Рыбохозяйственные показатели реципрокных кроссов амурского сазана с карпом белорусской и зарубежной селекции и их родительских форм  
 Table 1. Fishery indicators of reciprocal crosses of the Amur carp and Belarusian and foreign collection breeds carp and their parental forms

Кросс, линия	Посажено		Выловлено		Прирост, г	Кратность увеличения массы, раз	Выход, %
	экз.	масса средняя, г	экз.	масса средняя, г			
<b>Кроссы:</b>							
Лавх.чеш. х сазан	51	35,3±1,14	51	590,2±10,59	554,9	19,7	100,0±0,00
Тремл.чеш. х сазан	52	32,7±1,06	47	557,4±9,67	524,7	17,0	90,4±4,30
Три прим х сазан	45	51,1±1,53	36	505,5±10,68	453,9	9,9	80,0±6,67
<b>Х белорусские линии х сазан</b>	<b>148</b>	<b>39,2±0,71</b>	<b>134</b>	<b>556,0±7,97</b>	<b>516,8</b>	<b>14,2</b>	<b>90,5±2,53</b>
Сазан х лавх.чеш.	51	64,7±2,62	48	558,3±13,81	493,6	8,6	94,1±3,40
Сазан х тремл.чеш.	32	31,2±1,33	32	537,5±14,01	506,3	17,2	100,0±0,00
Сазан х три прим	45	40,0±1,13	30	656,7±8,32	616,7	16,4	66,7±8,60
<b>Х сазан х белорусские линии</b>	<b>128</b>	<b>47,7±1,01</b>	<b>110</b>	<b>579,1±8,04</b>	<b>531,4</b>	<b>12,1</b>	<b>85,9±3,32</b>
Нем. х сазан	51	51,0±1,19	34	582,4±11,98	531,4	11,4	66,7±8,08
Юг. х сазан	51	45,1±1,26	44	531,8±12,15	486,7	11,8	86,3±5,18
<b>Х зарубежные породы х сазан</b>	<b>102</b>	<b>48,0±0,79</b>	<b>78</b>	<b>553,8±8,71</b>	<b>505,8</b>	<b>11,5</b>	<b>76,5±4,80</b>
Сазан х нем.	51	43,1±1,38	41	595,1±11,42	552,0	13,8	80,4±6,20
Сазан х юг.	51	35,3±1,06	42	495,2±6,48	459,9	14,0	82,4±5,88
Сазан х фрес.	86	52,3±1,25	42	800,0±22,47	747,7	15,3	48,8±7,71
<b>Х сазан х зарубежные породы</b>	<b>188</b>	<b>45,2±0,73</b>	<b>125</b>	<b>630,4±9,68</b>	<b>585,2</b>	<b>13,9</b>	<b>66,4±4,22</b>



Всего кроссы:	566	44,7±0,41	447	582,1±4,81	537,4	13,0	79,0±1,93
<b>Родительские формы:</b>							
Сазан	160	21,2±0,33	137	420,4±4,84	399,2	19,8	85,6±3,00
Тремл.чеш.	89	32,6±0,75	37	591,9±26,16	559,3	18,2	41,6±8,20
Лавх.чеш.	125	16,8±0,26	49	342,9±8,42	326,1	20,4	39,2±6,97
Три прим	155	13,6±0,21	68	540,6±7,18	527,0	39,8	43,9±6,02
<b>Х белорусские линии</b>	<b>369</b>	<b>19,2±0,20</b>	<b>154</b>	<b>493,5±7,29</b>	<b>474,3</b>	<b>25,7</b>	<b>41,7±3,97</b>
Нем.	240	48,3±0,55	96	466,7±6,30	418,4	9,7	40,0±5,00
Юг.	180	37,8±0,70	123	368,3±5,74	330,5	9,7	68,3±4,19
Фрес.	50	24,0±0,74	21	375,2±18,41	351,2	15,6	42,0±10,77
<b>Х зарубежные породы</b>	<b>470</b>	<b>40,4±0,40</b>	<b>240</b>	<b>406,7±6,07</b>	<b>366,3</b>	<b>10,1</b>	<b>51,1±3,23</b>

*Примечание:* здесь и далее в таблицах приняты сокращения сазан — амурский сазан из коллекционного стада, лавх. чеш. — чешуйчатая линия лавинской породы карпа, тремл. чеш. — чешуйчатая линия тремлянской породы карпа, три прим — зеркальная отводка изобелинской породы карпа, нем. — немецкий карп, юг. — югославский карп, фрес. — карп породы фресинет, бел. линии — коллекционные линии белорусской селекции, зарубежные породы — коллекционные породы зарубежной селекции.



В группе реципрокных комбинаций сазан х коллекционные породы зарубежной селекции средняя масса тела составила 630,4 г, прирост массы тела 585,2 г, кратность увеличения массы тела 13,9 раз, выживаемость 66,4 %. В данной группе кроссов повышенными показателями, характеризующими массонакопление двухлетков, отличался кросс сазан х фресинет (масса тела 800,0 г, прирост 747,7 г, кратность увеличения массы тела 15,3 раз), а повышенной выживаемостью кросса сазан х югославский карп (82,4 %).

Средняя масса двухлетков всех опытных кроссов составила 582,1 г, прирост массы тела 537,4 г, кратность увеличения массы тела 13,0 раз, выживаемость 79,0 %. То есть рыбоводные показатели, в целом у кроссов, соответствуют нормативным требованиям.

Статистически значимые отклонения массы тела в сторону увеличения данного показателя у кроссов, по сравнению со средним уровнем всех рассмотренных комбинаций, установлены для сочетаний сазан х три прим и сазан х фресинет, табл. 2. Практически все рассмотренные комбинации скрещиваний с высокой степенью достоверности превосходили по массе тела исходные родительские формы, за исключением кросса лахвинский чешуйчатый х сазан, у которого масса тела близка к лахвинскому чешуйчатому карпу.

Отклонения опытных кроссов по выживаемости от среднего значения этого показателя в сторону увеличения установлено для четырех реципрокных комбинаций сазана с чешуйчатыми линиями лахвинского и тремлянского карпа. Выживаемость кроссов статистически достоверно выше, чем у карповых родительских форм, за исключением комбинации сазан х фресинет.

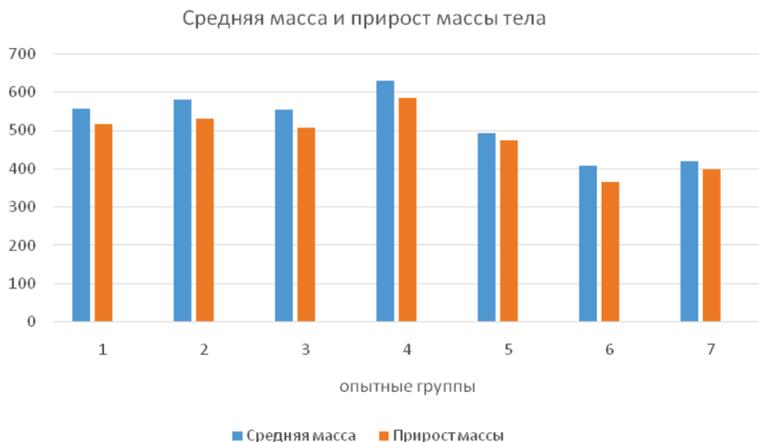
Соотношение средних групповых показателей рыбоводных признаков двухлетков представлены на рис. 1–3.

Средний уровень массы и прироста массы тела у кроссов, полученных от самок коллекционных линий белорусской и зарубежной селекции, у которых сазан был использован в качестве отцовского компонента скрещиваний оказались близкими по величине (группы 1 и 3). Группа кроссов (4) полученных от скрещивания сазана с зарубежными породами отличалась повышенной массой тела и приростом. У чистопородных карпов и амурского сазана средняя масса тела и прирост несколько ниже, чем у опытных кроссов.



Таблица 2. Оценка статистической достоверности отклонений рыбоводных показателей  
двулетков кроссов от родительских форм  
Table 2. Evaluation of statistical significance of deviations of fish breeding indicators of two-year-old  
crosses from parental forms

Кросс	Отклонение $\bar{X}$ кросса от $\bar{X}$ сазана						Отклонение $\bar{X}$ кросса от $\bar{X}$ родительских форм карпа					
	по массе			по выходу			по массе			по выходу		
	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
Лавх. чеш. х сазан	0,68	>0,1	0,00	<0,001	18,27	<0,001	8,72	<0,001	18,27	<0,001	8,72	<0,001
Тремл.чеш. х сазан	2,29	<0,05	2,33	=0,02	1,23	>0,1	5,27	<0,001	1,23	>0,1	5,27	<0,001
Три прим х сазан	6,54	<0,001	0,14	>0,1	2,73	<0,001	4,05	<0,001	2,73	<0,001	4,05	<0,001
$\bar{X}$ белорусские линии х сазан	2,80	<0,01	3,61	<0,001	5,79	<0,01	10,36	<0,001	5,79	<0,01	10,36	<0,001
Сазан х лавх.чеш.	2,23	<0,05	6,57	<0,001	16,95	<0,001	7,08	<0,001	16,95	<0,001	7,08	<0,001
Сазан х тремл.чеш.	4,08	<0,001	0,00	<0,001	5,42	<0,001	7,12	<0,001	5,42	<0,001	7,12	<0,001
Сазан х три прим	4,13	<0,001	1,39	>0,1	10,56	<0,001	2,17	<0,001	10,56	<0,001	2,17	<0,001
$\bar{X}$ сазан х белорусские линии	0,32	>0,1	1,80	>0,1	7,79	<0,001	4,91	<0,001	7,79	<0,001	4,91	<0,001
Нем. х сазан	0,02	>0,1	1,48	>0,1	8,55	<0,001	2,81	<0,01	8,55	<0,001	2,81	<0,01
Юг. х сазан	3,85	<0,001	1,32	>0,1	12,17	<0,001	2,70	<0,01	12,17	<0,001	2,70	<0,01
$\bar{X}$ зарубежные породы х сазан	2,85	<0,001	0,48	>0,1	13,43	<0,001	2,95	<0,01	13,43	<0,001	2,95	<0,01
Сазан х нем.	1,05	>0,1	0,22	>0,1	9,84	<0,001	5,07	<0,001	9,84	<0,001	5,07	<0,001
Сазан х юг.	10,77	<0,001	0,55	>0,1	14,65	<0,001	1,95	=0,05	14,65	<0,001	1,95	=0,05
Сазан х фрес.	9,48	<0,001	3,80	<0,001	14,62	<0,001	0,62	>0,1	14,62	<0,001	0,62	>0,1
$\bar{X}$ сазан х зарубежные породы	4,43	<0,001	2,72	<0,001	19,65	<0,001	2,97	<0,01	19,65	<0,001	2,97	<0,01



*Рис. 1.* Соотношение средних групповых показателей массы тела и прироста массы тела у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа x сазан; 2 — сазан x белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа x сазан; 4 — сазан x зарубежные породы карпа; 5 — коллекционные линии карпа белорусской селекции; 6 — коллекционные линии карпа зарубежной селекции; 7 — сазан)

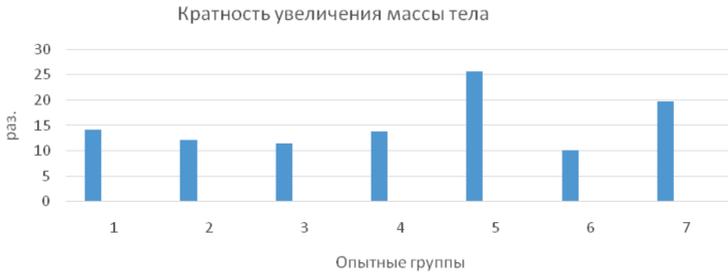
*Fig. 1.* The ratio of the average group indicators of body weight and body weight gain in reciprocal crosses of the Amur carp and collection carp breeds of Belarusian and foreign selection (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign breeds of carp; 5 — collection lines of carp of Belarusian selection; 6 — collection lines of carp of foreign selection; 7 — Amur carp)

Коллекционные линии карпа белорусской селекции и амурский сазан из популяции, сформированной в СПУ «Изобелино», отличались повышенными показателями кратности увеличения массы тела по сравнению с опытными кроссами.

По кратности увеличения массы тела отмечены некоторые преимущества среди кроссов у групп белорусские линии x сазан (1) и сазан x зарубежные породы (4), рис. 2.

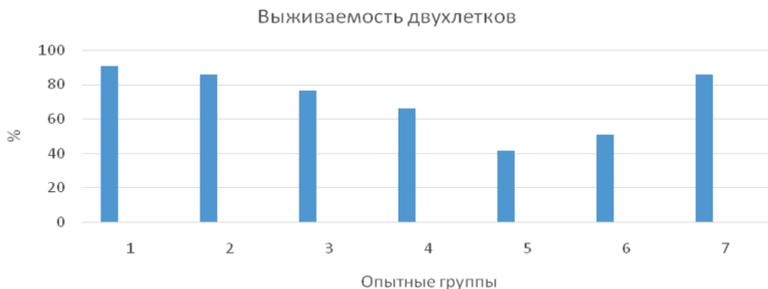
Повышенной выживаемостью двухлетков характеризовались реципрокные группы (1 и 2), полученные при скрещивании сазана с коллекционными линиями белорусской селекции, рис. 3.

Комплексную оценку рыбоводных признаков рассмотренных опытных кроссов проводили методом ранжирования, табл. 3.



*Рис. 2.* Соотношение средних групповых показателей кратности увеличения массы тела у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа x сазан; 2 — сазан x белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа x сазан; 4 — сазан x зарубежные породы карпа; 5 — линии карпа белорусской селекции; 6 — коллекционные линии карпа; 7 — сазан)

*Fig. 2.* The ratio of the average group indicators of the multiplicity of body weight increase in reciprocal crosses of the Amur carp with collection carp breeds of Belarusian and foreign breeding (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign carp breeds; 5 — carp lines of Belarusian selection; 6 — collection lines of carp; 7 — Amur carp)



*Рис. 3.* Соотношение средних групповых показателей выживаемости у реципрокных кроссов амурского сазана с коллекционными породами карпа белорусской и зарубежной селекции (1 — белорусские линии карпа x сазан; 2 — сазан x белорусские линии карпа; 3 — зарубежные породы карпа x сазан; 4 — сазан x зарубежные породы карпа; 5 — средние показатели всех кроссов; 6 — коллекционные линии карпа; 7 — сазан)

*Fig. 3.* The ratio of the average group survival rates in reciprocal crosses of the Amur carp with collection carp breeds of Belarusian and foreign selection (1 — Belarusian lines of carp x Amur carp; 2 — Amur carp x Belarusian lines of carp; 3 — foreign breeds of carp x Amur carp; 4 — Amur carp x foreign breeds of carp; 5 — average indicators of all crosses; 6 — collection lines of carp; 7 — Amur carp)

**Таблица 3. Ранжирование рыбохозяйственных показателей двухлетков опытных гибридов карпа с сазаном****Table 3. Ranking of fishery indicators of two-year-old experimental hybrids of carp with Amur carp**

Кросс	Ранги					
	по массе	по приросту	по кратности увеличения массы	по выживаемости	сумма рангов	средний ранг
Лахв. чеш. х сазан	4	3	1	1	9	0,20
Тремл. чеш. х сазан	7	6	3	3	13	0,43
Три прим х сазан	10	11	10	5	36	0,82
Сазан х лахв. чеш.	6	8	11	2	27	0,61
Сазан х тремл. чеш.	8	7	2	1	18	0,41
Сазан х три прим	2	2	4	8	16	0,36
Нем. х сазан	5	5	9	8	27	0,61
Югосл. х сазан	9	9	8	4	30	0,68
Сазан х нем.	3	4	7	7	21	0,48
Сазан х юг.	11	10	6	6	33	0,75
Сазан х фрес.	1	1	5	9	16	0,36

Некоторыми преимуществами по комплексу рассмотренных признаков отличались кроссы лахвинский чешуйчатый х сазан, тремлянский чешуйчатый х сазан, а также сочетания, полученные от скрещивания сазана с отводкой изобелинского карпа три прим, немецким карпом и карпом породы «Фресинет».

У всех опытных кроссов установлено проявление эффекта гетерозиса по приросту массы тела по сравнению с коллекционным амурским сазаном, табл. 4.

У 9 кроссов из 11 эффект гетерозиса составил более 20 %, а у двух более 50,0 %. Индекс гетерозиса у кроссов колебался от 13,7 % (три прим х сазан) до 87,3 % (сазан х фресинет). Повышенный эффект гетерозиса по данному признаку отмечен у кроссов сазан х фресинет и сазан х три прим. В сравнении с карповой родительской формой у 8 кроссов отмечен эффект гетерозиса, с индексами от 17,0 до 112,9 %. Повышенным эффектом гетерозиса по данному признаку характеризовались сазан х фресинет (112,9 %), реципрокные сочетания сазана и лахвинского карпа (70,2 и 51,4 %), а также сазана и югославского карпа (47,3 и 39,1 %). В сравнении со средним значением прироста массы тела двух родительских форм у всех кроссов установлен эффект гетерозиса с индексами от 9,1 % до 113,2 %. У 8 из 11 комбинаций индекс гетерозиса по данному признаку составил более 30,0 %.



**Таблица 4. Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по приросту массы тела**  
**Table 4. Evaluation of the heterosis effect in two-year-old crosses in terms of body weight gain**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лавх. чеш. х сазан	39,0	70,2	68,2
Тремл. чеш. х сазан	31,4	-6,2	16,3
Три прим х сазан	13,7	-13,9	9,1
Сазан х лавх. чеш.	23,6	51,4	54,0
Сазан х тремл. чеш.	26,9	-9,5	12,2
Сазан х три прим	54,5	17,0	41,8
Нем. х сазан	33,1	27,0	42,5
Югосл. х сазан	21,9	47,3	49,8
Сазан х нем.	38,3	31,9	45,6
Сазан х юг.	15,2	39,1	35,7
Сазан х фрес.	87,3	112,9	113,2

Все опытные кроссы уступали сазану по кратности увеличения массы тела, то есть по данному признаку эффект гетерозиса не установлен, табл. 5. При сравнении этого показателя у кросса с карповой родительской формой эффект гетерозиса отмечен у реципрокных сочетаний сазана с немецким и югославским карпом. Их преимущество составило 17,5–44,3 %. В вариантах сравнения показателя кросса со средним значением признака двух родительских форм эффект гетерозиса не установлен.

Выживаемость 5 кроссов оказалась выше, чем у сазана, табл. 6. Причем установленные преимущества не значительны от 0,8 до 16,8 %. Повышенный эффект гетерозиса отмечен у кроссов лавхвинский чешуйчатый х сазан и сазан х тремлянский чешуйчатый (16,8 %). При сравнении с карповой родительской формой у всех рассмотренных кроссов установлен эффект гетерозиса. Величины индексов гетерозиса (ИГ) колебались от 16,2 до 153,1 %. У 6 из 11 кроссов отмечен эффект гетерозиса с индексами более 100,0 % (лавхвинский чешуйчатый х сазан 153,1 %, тремлянский чешуйчатый х сазан — 117,3 %, сазан х лавхвинский чешуйчатый — 140,0 %, сазан х тремлянский чешуйчатый — 140,4 %, немецкий х сазан, 114,7 %, сазан х немецкий — 101,0 %).

**Таблица 5. Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по кратности увеличения массы тела****Table 5. Evaluation of the manifestation of the effect of heterosis in two-year-old crosses by the multiplicity of increase in body weight**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
лахвинский чешуйчатый х сазан	-0,5	-3,4	-2,0
тремлянский чешуйчатый х сазан	-14,1	-6,6	-10,5
три прим х сазан	-50,0	-75,1	-66,7
сазан х лахвинский чешуйчатый	-56,6	-57,8	-58,4
сазан х тремлянский чешуйчатый	-13,1	-5,5	-9,5
сазан х три прим	-17,2	-58,7	-44,2
немецкий х сазан	-42,4	17,5	-22,4
югославский х сазан	-40,4	21,6	-19,7
сазан х немецкий	-30,3	42,3	-6,1
сазан х югославский	-29,3	44,3	-4,8
сазан х фресинет	-22,7	-1,9	-13,6

**Таблица 6. Оценка проявления эффекта гетерозиса у двухлетков кроссов по выживаемости****Table 6. Evaluation of the manifestation of the effect of heterosis in two-year-old crosses by survival**

Кросс	ИГ, %		
	в сравнении с сазаном	в сравнении с карпом	в сравнении со средним значением признака родительских форм
Лохв. чеш. х сазан	16,8	153,1	60,3
Тремл. чеш. х сазан	5,6	117,3	42,1
Три прим х сазан	-6,5	82,2	23,6
Сазан х лохв. чеш.	9,9	140,0	50,8
Сазан х тремл. чеш.	16,8	140,4	57,2
Сазан х три прим	-22,1	51,9	3,0
Нем. х сазан	-22,1	114,7	7,1
Югосл. х сазан	0,8	26,3	11,8
Сазан х нем.	-6,1	101,0	28,0
Сазан х юг.	-3,7	20,6	7,1
Сазан х фрес.	-48,0	16,2	-24,8



При сравнении выживаемости двухлетков кроссов со средним уровнем данного показателя у обеих родительских форм установлено их преимущество у 10 из 11 комбинаций (исключение сазан х фресинет). Величины индексов гетерозиса колебались от 3,0 до 60,3 %. Установлены 6 комбинаций скрещиваний с индексами гетерозиса более 20,0 % (реципрокные комбинации сазана с лахвинским и тремлянским карпом, а также сазан х отводка изобелинского карпа три прим и сазан х немецкий)

Полученные результаты опытного выращивания двухлетков кроссов сазана с карпом разной породной принадлежности позволяют исследовать величины общей и специфической комбинационной способности. Под специфической комбинационной способностью (СКС) понимают случаи, когда конкретные комбинации оказываются лучше или хуже, чем можно было ожидать на основе среднего качества линий, участвующих в скрещиваниях.

Полученные результаты исследования рыбохозяйственных показателей двухлетков указывают на повышенную СКС по приросту массы тела у всех рассмотренных кроссов, табл. 7. Повышенной СКС по данному признаку характеризовался кросс сазан х фресинет. По кратности увеличения массы тела все кроссы характеризовались повышенной СКС. Реципрокные кроссы сазана с лахвинским и тремлянским карпом отличались значительным преимуществом по выживаемости двухлетков (42,2–54,2) по сравнению со средними значениями данного показателя у линий карпа, участвующих в опытных скрещиваниях. Также существенная СКС (20,1 и 33,8) отмечена у реципрокных сочетаний сазана с немецким карпом и у кросса три прим х сазан (29,5)

Под общей комбинационной способностью (ОКС) понимают среднюю ценность родительских линий в гибридных комбинациях. Результаты выращивания кроссов, сформированных сазаном и коллекционными линиями белорусской и зарубежной селекции, позволяют оценить ОКС в четырех группах комбинаций скрещиваний, табл. 8.

ОКС амурского сазана, использованного в качестве отцовского компонента скрещиваний с линиями белорусской селекции по кратности увеличения массы тела составила 1,2, а по выживаемости 11,5. У реципрокных кроссов, то есть при использовании сазана в качестве материнского компонента скрещиваний только по выживаемости (6,9). У кроссов с зарубежными породами, у которых сазан использован в качестве отцовского компонента скрещиваний ОКС не установлена, а у реципрокных сочетаний сазан характеризуется положительной величиной ОКС по приросту массы тела (28,4).

**Таблица 7. Оценка СКС у кроссов по рыбохозяйственным показателям двухлетков****Table 7. Evaluation of the specific combination ability in crosses according to the fishery indicators of two-year-olds**

Кросс	СКС		
	по приросту	по кратности увеличения массы	по выживаемости
Лавх. чеш. х сазан	385,5	-7,5	54,2
Тремл. чеш. х сазан	123,0	-8,0	42,2
Три прим х сазан	84,5	-36,6	29,5
Сазан х лавх. чеш.	325,1	-18,6	48,0
Сазан х тремл. чеш.	104,6	-7,8	51,8
Сазан х три прим	247,3	-30,0	16,2
Нем. х сазан	270,6	-5,1	20,1
Югосл. х сазан	313,8	-4,7	11,4
Сазан х нем.	313,8	-2,7	33,8
Сазан х юг.	379,1	-2,5	11,5
Сазан х фрес.	554,1	-7,1	0,2

**Таблица 8. Сравнительная оценка ОКС реципрокных кроссов по рыбоводным показателям****Table 8. Comparative evaluation of the total combination ability of reciprocal crosses in terms of fish breeding indicators**

Варианты комбинаций скрещиваний	ОКС		
	по приросту	по кратности увеличения массы тела	по выживаемости
белорусские линии х сазан	-40,0	1,2	11,5
сазан х белорусские линии	-25,4	-0,9	6,9
зарубежные породы х сазан	-51,1	-1,5	-2,5
сазан х зарубежные породы	28,4	0,9	-12,6

**Закключение.** Проведенная серия опытно-экспериментальных работ по изучению гетерозисного эффекта у кроссов сазана с коллекционными линиями карпа разной породной принадлежности позволила выявить наиболее перспективные комбинации скрещиваний. При проведении сравнительной оценки рыбоводно-биологических показателей двухлетков кроссов использовали несколько методов. Самый простой из них метод ранжирования.

1. В целом при суммарной сравнительной оценке рассмотренных комбинаций скрещиваний методом ранжирования некоторыми преимущес-



твами выделяются кроссы сазан х немецкий и три прим х сазан. Реципрокные кроссы югославского карпа с амурским сазаном имеют меньше преимуществ в сравнении с другими опытными группами кроссов.

2. По итогам оценки проявления эффекта гетерозиса по рыбоводным показателям у кроссов сазана с коллекционными чистопородными группами карпа выделяются 4 комбинации, у которых по большинству рассмотренных рыбоводных показателей установлен эффект гетерозиса (лахвинский чешуйчатый х сазан, три прим х сазан, немецкий х сазан, югославский х сазан).

3. Для оценки селекционной ценности компонентов скрещивания использовали показатели специфической комбинационной способности. При подведении итогов проявлении СКС по рыбоводным показателям выделены кроссы, у которых установлены преимущества по большинству рассмотренных признаков: тремлянский чешуйчатый х сазан, отводки изобелинского карпа три прим х сазан, немецкий х сазан, сазан х югославский, сазан х фресинет.

### Список использованных источников

1. Турбин, Н.В. Гетерозис и генетический баланс / Н.В. Турбин // Гетерозис: теория и методы практического использования : [сб. ст.] / Ин-т биологии Акад. наук БССР ; под ред. Н.В. Турбина. — Минск, 1961. — С. 3–34.
2. Катасонов, В.Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В.Я. Катасонов, Н.Б. Черфас. — М. : Агропромиздат, 1986. — 183 с.
3. Кирпичников, В.С. Генетика и селекция рыб / В.С. Кирпичников ; отв. ред. В.А. Струнников. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1987. — 520 с.
4. Попова, А.А. Влияние инбридинга на выживаемость карпа / А.А. Попова // Селекция прудовых рыб : науч. тр. ВАСХНИЛ / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина, Укр. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. — М., 1979. — С. 121–126.
5. Гужов, Ю.Л. Возникновение и развитие селекции / Ю.Л. Гужов // Генетика и селекция — сельскому хозяйству : кн. для учителя / Ю.Л. Гужов. — М., 1984. — Гл. 1. — С. 5–25.
6. Ильев, Ф.В. Межлинейная гибридизация в животноводстве (селекция на гетерозис) : учеб. пособие / Ф.В. Ильев. — М. : Колос, 1980. — 88 с.
7. Кирпичников, В.С. Гибридизация европейского карпа с амурским сазаном и селекция гибридов : докл. ... д-ра биол. наук по совокупности опубл. работ / В.С. Кирпичников ; Зоол. ин-т Акад. наук СССР. — Л., 1967. — 72 с.
8. Савченко, В.К. Генетический анализ и синтез в практической селекции / В.К. Савченко ; науч. ред. Л.В. Хотылева. — Минск : Наука и техника, 1986. — 95 с.



9. Кирпичников, В.С. Методы и эффективность селекции ропшинского карпа. Сообщение 1. Цели селекции, исходные формы и система скрещиваний / В.С. Кирпичников // Генетика. — 1972. — Т. 8, № 8. — С. 65–72.
10. Кончиц, В.В. Оценка гетерозисного эффекта у межлинейных, межпородных и межвидовых кроссов карпа и использование их для повышения эффективности рыбоводства / В.В. Кончиц, М.В. Книга. — Минск : Тонпик, 2006. — 224 с.
11. Книга, М.В. Использование метода совместного выращивания сеголеток кроссов карпа для определения гетерозисного эффекта по рыбохозяйственным показателям / М.В. Книга // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 116–125.
12. Катасонов, В.Я. Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах : [утв. М-вом рыб. хоз-ва СССР 26/у-1981] / В.Я. Катасонов ; М-во рыб. хоз-ва СССР, Всесоюз. науч.-произв. об-ние по рыбоводству. — М. : ВНИИ пруд. рыб. хоз-ва, 1981. — 38 с.
13. Свечин, К.Б. Оценка эффекта гетерозиса в относительных показателях / К.Б. Свечин // Животноводство. — 1967. — № 1. — С. 61–62.
14. Оценка семей 7-го поколения селекционной отводки столин XVIII методом ранжирования / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Ин-т рыб. хоз-ва НАН Беларуси. — Минск, 2004. — Вып. 20. — С. 125–129.
15. Рокицкий, П.Ф. Статистические показатели для характеристики совокупности / П. Ф. Рокицкий // Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. — Изд. 3-е, испр. — Минск, 1973. — Гл. 2. — С. 24–52.

## References

1. Turbin N.V. Heterosis and genetic balance. *Geterozis: teoriya i metody prakticheskogo ispol'zovaniya: sbornik statei* [Heterosis: theory and methods of practical use: collection of articles]. Minsk, 1961, pp. 3–34 (in Russian).
2. Katasonov V.Ya., Cherfas N.B. *Breeding and breeding in fish farming*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 183 p. (in Russian).
3. Kirpichnikov V.S. *Genetics and selection of fishes*. 2<sup>nd</sup> ed. Leningrad, Nauka Publ., 1987. 520 p. (in Russian).
4. Popova A.A. Influence of inbreeding on the survival of carp. *Selektsiya prudovykh ryb: nauchnye trudy VASKhNIL* [Selection of pond fish: scientific works of VASKhNIL]. Moscow, 1979, pp. 121–126 (in Russian).
5. Guzhov Yu.L. The emergence and development of selection. *Genetika i selektsiya — sel'skomu khozyaistvu* [Genetics and selection — agriculture]. Moscow, 1984, pp. 5–25 (in Russian).
6. Il'ev F.V. *Interline hybridization in animal husbandry*. Moscow, Kolos Publ., 1980. 88 p. (in Russian).
7. Kirpichnikov V.S. *Hybridization of European carp with Amur carp*. Leningrad, 1967. 72 p. (in Russian).



8. Savchenko V.K. *Genetic analysis and synthesis in practical breeding*. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1986. 95 p. (in Russian).
9. Kirpichnikov V.S. Methods and efficiency of breeding of the Ropshian carp. I. Purposes of selection, initial forms, system of crosses. *Genetika* [Genetics], 1972, vol. 8, no. 8, pp. 65–72 (in Russian).
10. Konchits V.V., Kniga M.V. *Assessment of the heterosis effect in interlinear, interbreed and interspecific carp crosses and their use to improve the efficiency of fish farming*. Minsk, Tonpik Publ., 2006. 224 p. (in Russian).
11. Kniga M.V. Using the method of co-cultivation of underyearlings of carp crosses to determine the heterosis effect according to fishery indicators. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2004, iss. 20, pp. 116–125 (in Russian).
12. Katasonov V.Ya. *Instructions for breeding work with carp in loudspeakers and industrial farms*. Moscow, All-Union Research Institute of Pond Fisheries, 1981. 38 p. (in Russian).
13. Svechin K.B. Assessment of the effect of heterosis in relative terms. *Zhivotnovodstvo* [Animal Husbandry], 1967, no. 1, pp. 61–62 (in Russian).
14. Tarazevich E.V., Kniga M.V., Prokhorchik G.A., Us A.P., Chimbur I.V., Dudarenko L.S. Evaluation of families of the 7th generation of selective branch of Stolin XVIII carp by the ranking method. *Voprosy rybnogo khozyaistva Belarusi: sbornik nauchnykh trudov = Belarus fish industry problems: collection of scientific papers*. Minsk, 2004, iss. 20, pp. 125–129 (in Russian).
15. Rokitskii P.F. Statistical indicators for the characteristics of the population. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. 3rd ed. Minsk, 1973, pp. 24–52 (in Russian).

### Сведения об авторах

*Агеец Владимир Юльянович* — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

*Сергеева Татьяна Александровна* — заведующий лабораторией селекции и племенной работы, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: tasergeeva@tut.by

### Information about the authors

*Uladzimir Yu. Aheyets* — D.Sc. (Agriculture), Professor, Director, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

*Tatiana A. Sergeeva* — Head laboratory of Breeding and Breeding work, RUE «Fish Industry Institute» of the RUE «Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry» (22, Stebeneva Str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tasergeeva@tut.by