

О. П. Юрченко, А. Б. Вахрамеев, А. В. Макарова

## Аддитивные взаимодействия генов в формировании окрасок оперения у кур

**Аннотация.** В наследовании количественных признаков животных большую роль играет аддитивное взаимодействие аллельных и неаллельных генов. При разведении пород кур с голубой окраской оперения можно наблюдать аддитивное взаимодействие аллелей гена «Bl» (Blau). При этом потомки распределяются по окраске покрова на светлых (Bl/Bl), голубых (Bl/bl+) и черных (bl+/bl+).

Яркую модель аддитивности взаимодействия неаллельных генов «B» (Barring) и «mo» (mottling) в сочетании с аллельной аддитивностью гена «B» представляет окраска перьевого покрова пушкинской породы кур. Петухи генотипа B/B mo/mo «белые», а куры B/- mo/mo полосато-пестрые белым подпухом.

В оценке племенной ценности производителя значительна роль доминантных неаддитивных генов. Их влияние не зависит от случайностей подбора. Аддитивные доминантные гены имеют максимальный фенотип в гомозиготе. Племенная ценность производителя будет зависеть от случая встречи его аддитивного доминантного гена с идентичным аллелем партнёра при осеменении. Влияние сверхдоминантных генов также будет зависеть от случая встречи родителей с комбинационной способностью передачи потомкам этих аллелей в гетерозиготе.

**Ключевые слова:** ген, аллельный, неаллельный, взаимодействие генов, аддитивность, модель, племенная ценность.

**Авторы:**

**Юрченко Олег Павлович** — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сохранения генофонда сельскохозяйственных животных ФГБНУ ВНИИГРЖ; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, 196601;

**Вахрамеев Анатолий Борисович** — научный сотрудник лаборатории сохранения генофонда сельскохозяйственных животных ФГБНУ ВНИИГРЖ; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, 196601;

**Макарова Александра Владимировна** — младший научный сотрудник лаборатории сохранения генофонда сельскохозяйственных животных ФГБНУ ВНИИГРЖ; г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д.55а, 196601.

**Введение.** Наследование продуктивных признаков животных основано на аддитивном эффекте аллельных и неаллельных полигенов. При этом аддитивная вариация может включать в себя аддитивные варианты доминантных аллелей и генов эпистаза [1, 2].

Моделирование аддитивных эффектов генов необходимо для совершенствования методик оценки генетического потенциала продуктивности и племенной ценности животных. Целью настоящей работы является исследование аддитивности взаимодействия аллельных и неаллельных маркерных генов экстерьера генофондных пород кур.

**Материал и методика исследований.** Исследовали взаимодействие маркерных генов экстерьера ряда пород и популяций кур коллекционария ВНИИГРЖ: аврора голубая, австралорп черно-пестрый, амрокс, кохинхин голубой, пушкинская.

Популяции разводили свободно-групповым спариванием кур и петухов — панмиксией, ограни-

ченной отбором и подбором с соотношением полов 1:8.

Мясо-яичная популяция аврора голубая селекции ВНИИГРЖ с продуктивностью 220 яиц за год, массой 57 г. Живая масса кур 2,2 кг, петухов 2,7 кг. Численность племенного стада 101 голов. Фото 1.

Мясо-яичная популяция австралорп черно-пестрый селекции ВНИИГРЖ с продуктивностью кур за год 180 яиц массой 60 грамм. Живая масса кур 2,2 кг, петухов 2,7 кг. Маркерным геном этой популяции является аутосомный рецессивный ген пестроты «mo» (mottling). Окраска оперения черно-пестрая. Численность популяции 255 голов [3]. Фото 2.

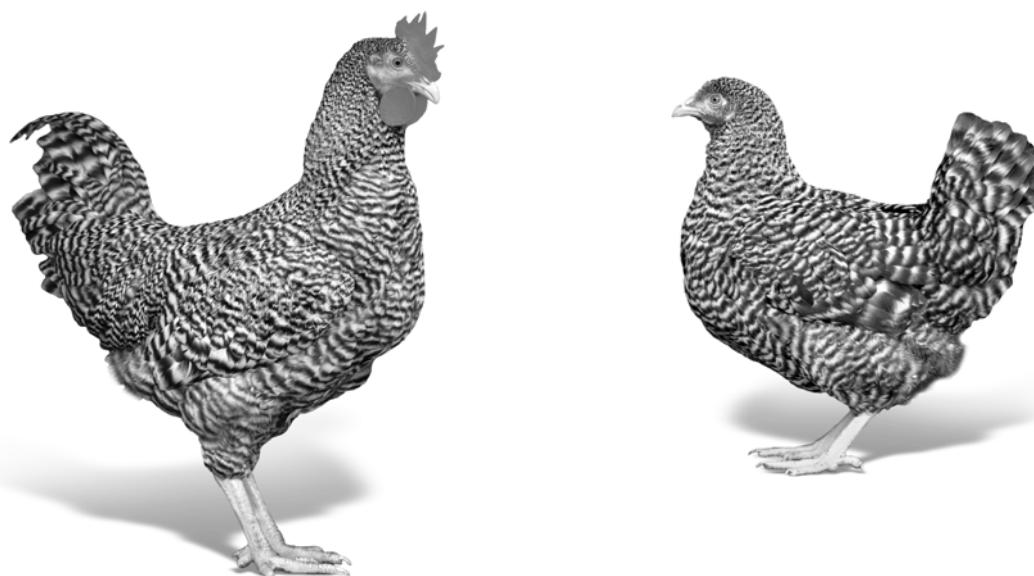
Мясо-яичная порода амрокс селекции США и Германии. Продуктивность 180 яиц за год массой 60 грамм. Живая масса кур 2,4 кг, петухов 2,9 кг. Окраска оперения чёрно-полосатая. Численность племенного стада 98 голов. (Фото 3).



**Фото 1.** Аврора голубая. Петух (слева) и курица (справа)



**Фото 2.** Австралорп черно-пестрый. Петух (слева) и курица (справа)



**Фото 3.** Амрокс. петух (слева) и курица (справа)



Фото 4. Кохинхин голубой. Петух (слева) и курица (справа)



Фото 5. Пушкинская. Петух (слева) и курица (справа)

Мясо-яичная порода кохинхин голубой селекции Китая и США. Продуктивность 150 яиц за год массой 58 грамм. Живая масса кур 2,7 кг, петухов 3,2 кг. Численность племенного стада 86 голов. (Фото 4)

Яично-мясная порода пушкинская выведена поглотительным скрещиванием леггорнов белых  $I/I Mo^+/Mo^+ (V/V+V/-)$  с австралорпами чернопёстрыми  $i/i mo/mo (b/b+b/-)$  и вводным с московскими белыми (RR) и темными гибридами кросса «Бройлер-6» ( $Mo^+/Mo^+ b/-$ ). продуктивность кур 200 яиц за год массой 63 г. Живая масса кур 2.3 кг, петухов 2.8 кг. Численность породы 455 голов [4], (Фото 5).

**Результаты исследований.** При разведении пород с голубой окраской перьевого покрова (андалузская голубая, кохинхин голубой и др.) наблюдали распределение птиц по окраске оперения на светлых ( $Vl/Vl$ ), голубых ( $Vl/bl^+$ ) и чёрных ( $bl^+/bl^+$ ), [5]. При разведении авроры голубой

потомки ( $n=61$ ) распределились по окраске оперения на 13 светлых, 29 голубых и 19 чёрных, что близко к соотношению 1:2:1 ( $\chi^2=5,99$ ;  $P=0,95$ ). Такое соотношение подтверждает гетерозиготность ( $Vl/bl^+$ ) голубых родителей и потомков, и гомозиготность светлых птиц по генам голубой ( $Vl/Vl$ ) и чёрной ( $bl^+/bl^+$ ) окрасок перьевого покрова.

Депигментация перьевого покрова светлых птиц ( $Vl/Vl$ ) голубых пород является проявлением эффекта дозы гена и может быть наглядной моделью аддитивного взаимодействия аллельных генов Фото 6.

Менее выражен эффект дозы сцепленного с полом неполнодоминантного гена полосатости оперения «В» (Barring) у птиц пород амрокс и плимутрок. Этот ген периодически включает и выключает синтез меланина, осветляя окраску оперения. Петухи генотипа  $V/V+Mo^+/Mo^+$  светлее кур ( $V/-+Mo^+/Mo^+$ ), так как белая полоса на пере

у первых шире тёмной при равной ширине этих полос у кур.

В пушкинской породе кур природа аддитивности и доминантности гена «В» изменяется при взаимодействии с аутомсомным рецессивным геном пестроты «mo» (mottling).

Каждый из этих генов обладает самостоятельным слабым эффектом депигментации перьевого покрова. Аддитивное взаимодействие этих неаллельных генов значительно осветляет окраску пера птиц. Петухи генотипа (В/В mo/mo) становятся почти белыми, а куры (В/– mo/mo) полосато-пёстрыми с белым подпухом.

**Обсуждение результатов исследования.** Аддитивность взаимодействия генов «В» и «mo» в осветлении окраски оперения кур отметил Lamoignon W. F., (1941), в американской породе анкобар [6]. Окраска перьевого покрова птиц пушкинской породы представляет яркую модель сложной аддитивности взаимодействия неаллельных и аллельных генов. В генотипе кур В/– mo/mo аллель «В» находится в одной дозе и его аддитивность взаимодействия с неаллельным геном «mo» проявляется в полосато-пёстром оперении и белом подпухе. Аллельная аддитивность гена «В» у пушкинских петухов генотипа В/В mo/mo значительно возрастает по сравнению с птицей пород амрокс и плимутрок (В/В+Mo<sup>+</sup>/Mo<sup>+</sup>). Аллель «mo» является сильным модификатором гена «В», усиливая его эффект дозы, сдвигая его доминантность в сторону аддитивности. Аддитивность взаимодействия аллельных и неаллельных генов экстерьеру кур может быть моделью аддитивности полигенов продуктивных признаков животных. Д. С. Фалконер ранее (1985) отмечал, что аддитивная дисперсия количественных признаков может включать в себя аддитивность доминантных аллелей и генов эпистаза. [2]

Доминантные неаддитивные гены играют особую роль в наследовании продуктивных признаков. Они и в гомозиготном и в гетерозиготном состоянии, то есть даже в одной дозе передают качества родителей потомкам независимо от случайностей при подборе. Видимо, поэтому С. Райт высокую препотентность производителей объяснял гомозиготностью по доминантным генам [7]. В.М. Кузнецов оценивает долю неаддитивной изменчивости в наследовании молочной продуктивности в 10-12% [8]. Однако, с учетом прямого действия неаддитивных доминантных генов производителя на продуктивность потомков их роль в оценке его племенной ценности значительно возрастает.

Аддитивные доминантные (AD) гены, напротив, свой максимальный эффект проявляют толь-



**Фото 6.** Депигментированная окраска светлых гомозигот (Bl/Bl) «сплэш» породы маран [11]

ко в гомозиготном состоянии ( $A/A > A/a > a/a$ ) [9]. Роль AD генов производителя в оценке его племенной ценности будет зависеть от подбора, от случая их встречи с идентичными генами партнеров при осеменении. Влияние сверхдоминантных генов ( $N/N < N/n > n/n$ ) на племенную ценность животных также будет зависеть от случая встречи родителей с комбинационной способностью передачи потомкам этих аллелей в гетерозиготе ( $N/n$ ).

Поэтому для точной оценки племенной ценности производителей необходимо значительное число потомков. Первичную оценку производителей В. М. Кузнецов рекомендовал проводить по 100 эффективным дочерям [10]. Селекционеры США в этом случае осеменяют спермой одного проверяемого быка до 200 коров на 50 фермах.

В генотипе животных с высокой продуктивностью аддитивно взаимодействуют доминантные аддитивные полигены ( $A/A B/B C/C$ ) и неаддитивные доминантные ( $D/d, D/D$ ) и сверхдоминантные в гетерозиготе ( $N/n$ ). Объединение в генотипе животных генов аддитивной и неаддитивной изменчивости возможно при разведении по линиям с высокой комбинационной способностью. Генетический потенциал производителя — зависит от аддитивной гомозиготности по доминантным генам в сочетании с комбинационным генетическим разнообразием по сверхдоминантным аллелям.

В настоящее время большую роль в оценке и прогнозировании аддитивной и неаддитивной изменчивости может играть геномная селекция птиц [12].

**Выводы.** Аддитивное взаимодействие аллельных и неаллельных генов экстерьеру кур может быть моделью аддитивного эффекта полигенов

продуктивных признаков животных. Моделью аддитивности взаимодействия аллельных генов является эффект дозы неполнодоминантного гена голубой окраски перьевого покрова «Bl» (Blau) при разведении голубых пород кур. При этом гомозиготы Bl/Bl, имеют светлое оперение, а гетерозиготы Bl/bl<sup>+</sup> голубые.

Окраска перьевого покрова пушкинской породы, где петухи В/В мо/мо «белые», а куры В/– мо/мо полосато-пёстрые с белым подпухом представляет яркую модель сложной аддитивности взаимодействия неаллельных генов «В» (Barring) и «мо» (mottling) в сочетании с аллельной аддитивностью гена «В».

### Литература

1. Брюбейкер Дж. Л. «Сельскохозяйственная генетика», М., 1966.
2. Фалконер Д. С. «Введение в генетику количественных признаков» М., 1985.
3. Паронян И. А. и др. «Генофондные породы и популяции кур приусадебному птицеводству» Тр ВНИИГРЖ, С-Пб, 2011, с. 201–206.
4. Паронян И. А., Прохоренко П.Н. «Генофонд домашних животных России» С-Пб, М., Краснодар, 2008.
5. Коган З. М. «Признаки экстерьера и интерьера у кур» Новосибирск, 1979.
6. Lamoreux W. F., «The Autosexing Ancobar» J Herediti, 1941, v. 32, p. 221–226.
7. Райт С. «Принципы племенного разведения сельскохозяйственных животных» М-Л, 1930.
8. Кузнецов В. М. «Метод оценки по степени родительского влияния: инновация или стагнация?» Проблемы биологии продуктивных животных, Обнинск, 2012, №2, С 85–115.
9. Лесли Дж. Ф. «Генетические основы селекции сельскохозяйственных животных» М, 1982.
10. Кузнецов В. М. «Генетико-экономическая эффективность программы селекции молочного скота» Бюлл. ВНИИГРЖ, вып. 27, Л, 1977, С 4–5.
11. <http://www.12sotok.com/photos/photo1399.html>
12. Sitzenstock F., Ytourne F., Sharif A. R, Cavero D., Täubert H., Preisinge R., Simianer H. Efficiency of genomic selection in an established commercial layer breeding program. // Genetics Selection Evolution 2013, 45:29 doi:10.1186/1297-9686-45-29.

Jurchenko O. P., Vakhrameev A. B., Makarova A. V.

## The genetic potential of productivity and breeding value of animals

**Abstract.** *Inheritance of quantitative traits is based on the additive effect of polygene. Bright model of interaction additive and non-additive genes maybe alleles of the exterior and feather's paints of genofond chicken breeds. Plymouthrock striped and Amrox incomplete dominant additive gene «B» (Barring) has a weak effect of depigmentation plumage.*

*Autosomal recessive non-additive gene mo (mottling) also defines the weak effect of depigmentation of plumage. Australorp black Speckleds feather has a white tip (b+- b+b+) momo. In Pushkin breed (B- + BB) momo additive interaction of these genes dramatically strengthened weak additive effect of depigmentation of the gene «B». As a result we have roosters with «white» plumage (BB momo) and striped, variegated hens with white fluff (B- momo).*

**Keywords:** gen, additive, allelic, not allelic, model, productivity.

*Authors:*

**Jurchenko Oleg Pavlovich** — senior researcher scientist of Laboratory for Gene Pool Preservation for RRIFAGB; St. Petersburg-Pushkin, Moscovskoe shosse, 55a, 196601;

**Vakhrameev Anatoliy Borisovich** — research scientist of Laboratory for Gene Pool Preservation for RRIFAGB; St. Petersburg-Pushkin, Moscovskoe shosse, 55a, 196601;

**Makarova Alexandra Vladimirovna** — junior research scientist of Laboratory for Gene Pool Preservation for RRIFAGB; St. Petersburg-Pushkin, Moscovskoe shosse, 55a, 196601.