



# Полиморфизмы участков гена *VMR-2* и их ассоциации с продуктивными признаками у радужной форели

**Тыщенко Валентина Ивановна**  
к.б.н., ст. научн. сотр.

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИГРЖ)

Международная научно-практическая конференция  
«Современные достижения в генетике и селекции сельскохозяйственных животных»,  
посвящённая празднованию 120-летия ФГБОУ ВО СПбГАУ  
«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Выполнено при поддержке государственного задания  
ГЗ № 124020200114-7  
Санкт-Петербург-Пушкин, 19.04.2024



Ген *BMP-2*, являясь транскрипционным фактором, связан с экспрессией ряда других генов, вовлеченных в формирование нервной системы, костной и мышечной ткани у рыб. Таким образом, изучаемый ген является ценным объектом в плане выявления ассоциаций его полиморфных вариантов с продуктивными признаками рыбы (длина тела по Смиуту, длина чешуйчатого покрова, длина головы, высота тела, масса икры в 5 г, масса 1 икринки, объем эякулята). Биоматериал рыб от 16 пар производителей брали из ФСГЦР (пос. Ропша, Ленинградская обл.).

**Цель исследований:** выявить однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) в экзонах и интронах гена *BMP-2* и установить их ассоциации с фенотипическими признаками у новой селекционной формы радужной форели – ропшинская золотая.



**Самец ропшинской золотой форели**



**Самка ропшинской форели**



Дизайн ПЦР праймеров, специфичных для определенных участков генов *BMP-2* , проводили по онлайн программе Primer 3 Plus (табл. 2). Последовательности нуклеотидов указанных генов были найдены в литературе и взяты из доступной базы данных GenBank и NCBI.

Аmplification методом ПЦР на амплификаторе ThermalCycler T100 (Bio-Rad, США) в следующем режиме:

95°C – 4 мин., начальная денатурация,

95°C – 20 сек.,

60°C – 20 сек.,

72°C - 20 сек.

72°C – 4 минуты, финальная элонгация

40 циклов

ПЦР-продукт проверяли на электрофорезе в 2,0% агарозном геле в буфере 0,5xTBE.



Для секвенирования использовали набор реагентов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit™ (Applied Biosystems, США) с теми же праймерами, с которыми проводилась амплификация.

Секвенирование (определение нуклеотидной последовательности в ДНК) проводится согласно протоколу производителя 8-канального секвенатора Applied Biosystems 3500™ в лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ.



**Таблица 3. Замены нуклеотидов в экзонах и интронах гена *BMP-2* на 4-й хромосоме у самцов и частоты генотипов**

SNP	BMP-2_1-EX		BMP-2_1-EX		BMP-2_1-IN		BMP-2_1-IN		BMP-2_2-IN	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Позиция	A70824367G		C70824570T		A70824829G		G70824841T		G70826709A	
Ропшинская золотая	AA=6	0,375	CC=6	0,375	AA=9	0,563	GG=0	0,000	AA=1	0,063
	AG=8	0,500	CT=10	0,625	AG=6	0,375	GT=13	0,813	AG=6	0,375
	GG=2	0,125	TT=0	0,000	GG=1	0,063	TT=3	0,188	GG=9	0,563

**1 – количество особей с данным генотипом; 2 – частота встречаемости генотипа**



**Таблица 4. Замены нуклеотидов в экзонах и интронах гена BMP-2 на 4-й хромосоме у самок и частоты генотипов**

SNP	BMP-2_1-EX		BMP-2_1-EX		BMP-2_1-IN		BMP-2_1-IN		BMP-2_2-IN	
Позиция	A70824367G		C70824570T		A70824829G		G70824841T		G70826709A	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ропшинская золотая	AA=10	0,625	CC=3	0,188	AA=9	0,188	GG=8	0,500	AA=5	0,313
	AG=5	0,313	CT=13	0,813	AG=6	0,500	GT=8	0,500	AG=8	0,500
	GG=1	0,063	TT=0	0,000	GG=1	0,313	TT=0	0,000	GG=3	0,188

**1 – количество особей с данным генотипом; 2 – частота встречаемости генотипа**

**Табл. 5. Ассоциации генотипов в гене *BMP-2\_1IN* (позиция A70824829G) на 4-й хромосоме с признаками у самцов золотой форели**

A70824829G	Генотип AA (n=9)	Генотип AG (n=6)
Позиция		
Масса рыбы, г	662,22±47,62	640,83±51,53
Длина тела по Смиту, см	35,53±0,79	35,03±0,95
Объем эякулята, мл	4,04±0,68 <sup>а</sup>	5,63±0,50 <sup>в</sup>
Подвижность, сек/%	26,11±0,68	25,50±0,89

**Примечание: AA /AG (а-в, P < 0,05)**

**В позиции A70824829G гена *BMP-2\_1IN* выявлена статистически значимая разница между показателем «объем эякулята» и генотипами AA/AG, P < 0,05.**



**Табл. 7. Ассоциации генотипов в гене *BMP-2\_1IN* (позиция A70824829G) на 4-й хромосоме с размерно-весовыми показателями у самок золотой форели**

A70824829G	Генотип AA (n=9)	Генотип AG (n=6)
Позиция		
Масса рыбы, г	3111,67±288,39	3498,13±164,20
Длина тела по Смиту, см	56,83±4,16	56,18±1,11
Длина тела чешуйчатого покрова, см	49,50±1,10	51,90±0,99
Длина головы, см	10,23±0,13 <sup>а</sup>	10,95±0,23 <sup>в</sup>
Высота тела, см	16,53±0,48	17,00±0,32
Толщина тела, см	7,37±0,34	7,53±0,16
Масса икры, г	346,67±49,35	353,75 ±19,03
Количество икринок в 5 граммах, шт	83,00 ±4,04	88,38±2,71
Масса 1 икринки, мг	60,67±2,91	58,25±1,67

Примечание: AA/AG (а-в, P < 0,05)

В позиции A70824829G гена *BMP-2-1IN* выявлена статистически значимая ассоциация между показателем «длина головы» и генотипами AA/AG, P < 0,05 у самок золотой форели. Генотип AG превосходит генотип AA по этому показателю.



## Заключение

Выявлены SNP в отдельных позициях гена *BMP-2* на хромосоме 4, ассоциированные с продуктивными признаками у радужной форели. Данные можно использовать при подборе пар производителей радужной форели и получения потомков с желательными продуктивными признаками