



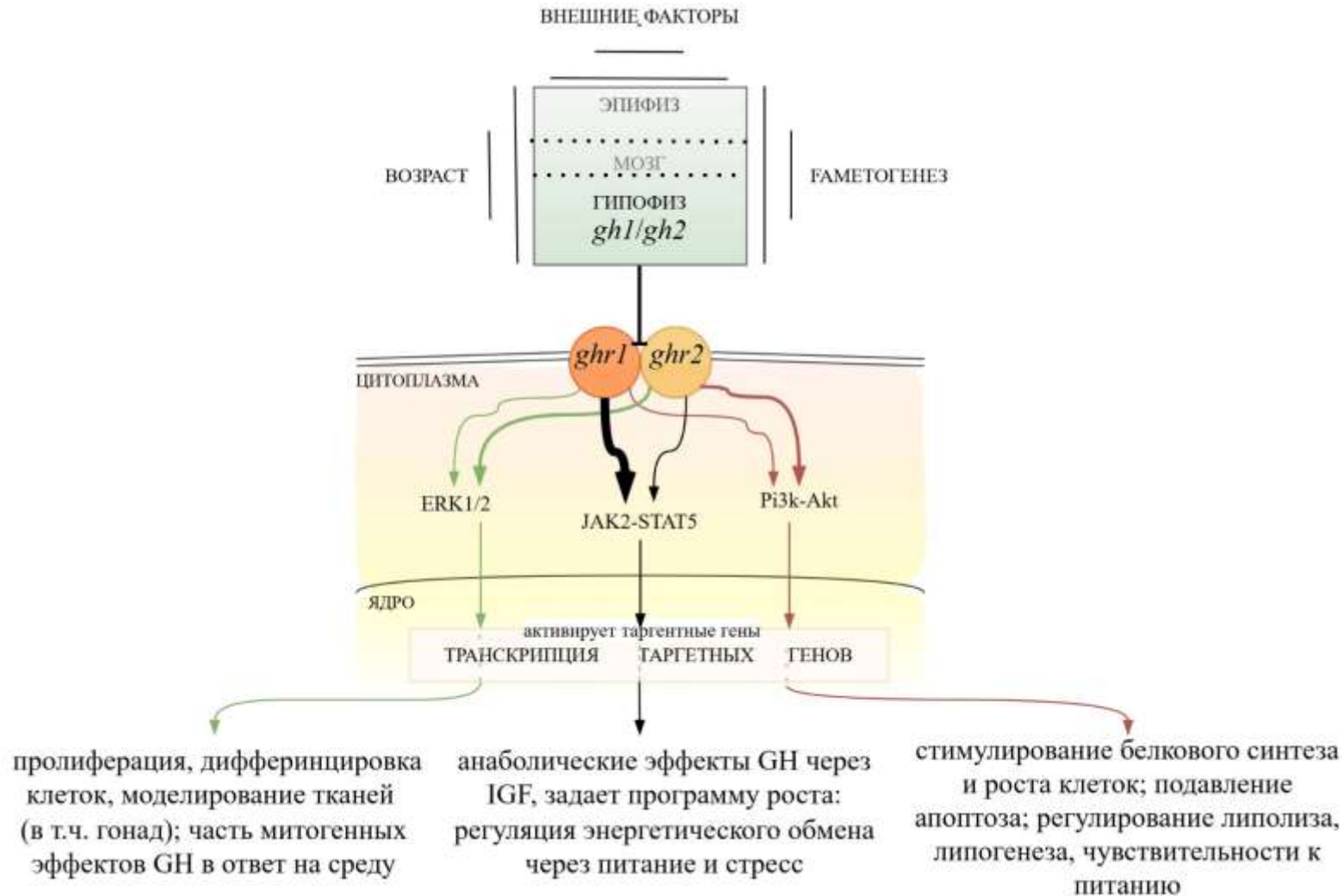
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ И РАЗВЕДЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЖИВОТНОВОДСТВА – ВИЖ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Л.К. ЭРНСТА»



Ген гормона роста радужной форели: структурная организация, функции

Подготовил: Аспирант ФИЦ ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
Младший научный сотрудник ВНИИГРЖ,
Николаева Ольга Анатольевна

Физиологические процессы, обусловленные генами-паралогами *gh1* и *gh2*



gh1; *gh2* - ген гормона роста 1 и 2. *ghr1*; *ghr2* - гены рецепторов гормона роста

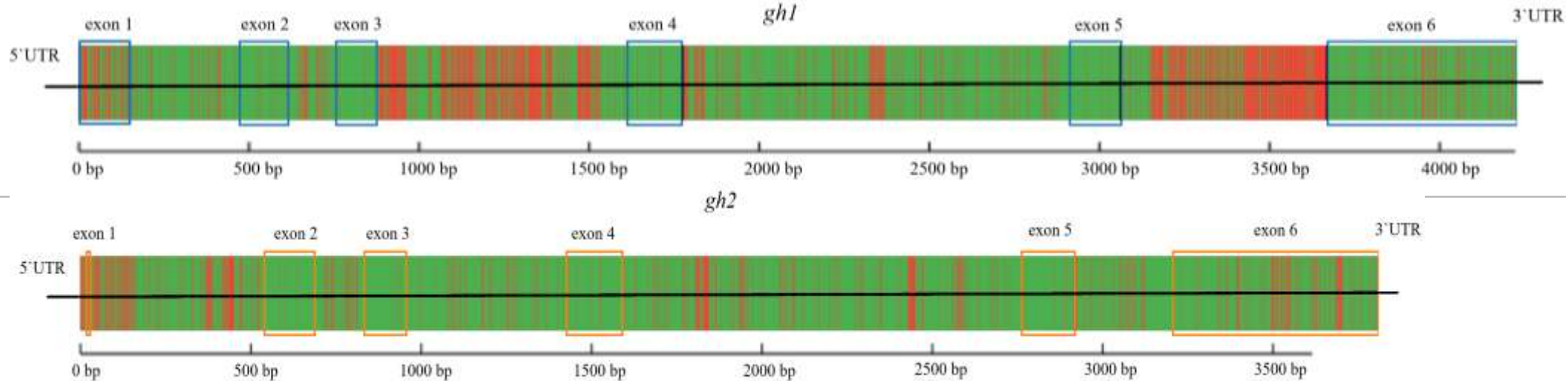
GH - гормон роста, соматотропин. IGF - инсулиноподобный фактор роста

ERK1/2 - сигнальный путь из семейства MAPK

JAK2-STAT5 - сигнальный путь, где JAK2-янус-киназа 2, STAT5 - транскрипционный фактор

Pi3k-Akt - сигнальный путь, где Pi3k-липидные киназы, Akt - семейство серин/треонин протеинкиназ

Сравнение структуры генов гормона роста *gh1* и *gh2* у радужной форели



Масштабная линейка по оси показывает линейную протяжённость генов *gh1* и *gh2* в направлении от 5` конца к 3` концу.

Количество экзонов идентично и выделено прямоугольными окнами у обоих генов.

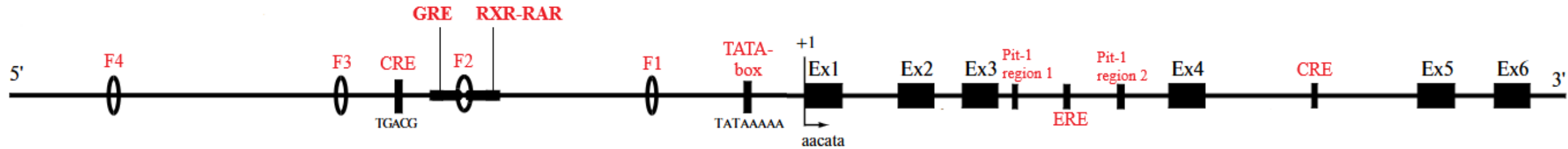
Аналогичные нуклеотидные последовательности отображены зеленым цветом.

Области, отличающиеся и/или не встречающиеся в последовательности гена *gh1* в сравнении с геном *gh2* и наоборот, выделены красным цветом.

Визуализация данных выполнена в Python с использованием библиотеки Matplotlib.

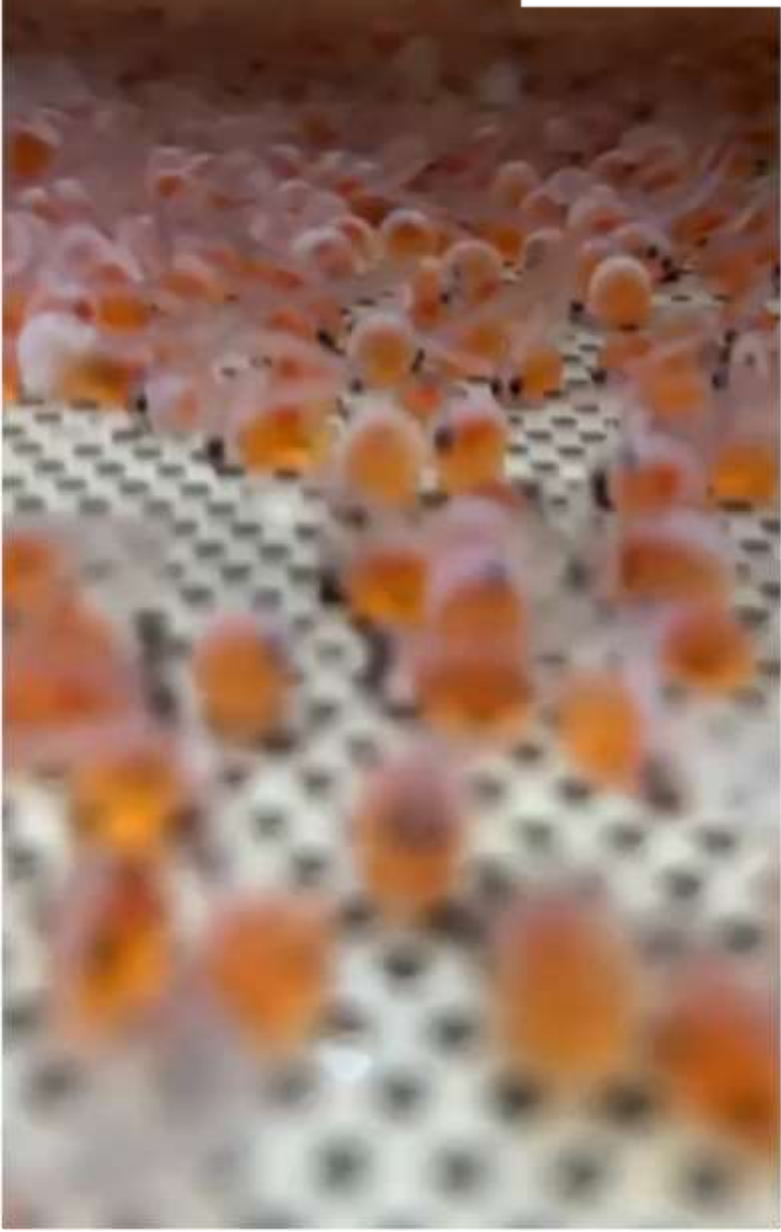
Участки гена	Длина <i>gh1</i> (п.н.)	Длина <i>gh2</i> (п.н.)	Идентичность %
экзон 1	160	10	6.25
экзон 2	140	140	95.71
экзон 3	117	117	96.58
экзон 4	156	156	96.79
экзон 5	147	147	95.92
экзон 6	545	573	81.80
интрон 1	391	485	69.75
интрон 2	136	138	80.58
интрон 3	721	445	55.74
интрон 4	1116	1112	80.59
интрон 5	593	274	39.80

Регуляторные участки гена гормона роста



Характеристика	<i>gh1</i>	<i>gh2</i>
Pit-1 сайты F1–F4	Структура консервативна	F2–F3 более полиморфны (cis-варианты, влияющие на экспрессию)
Общая роль Pit-1	Точная гипофиз-специфичная экспрессия, стабилизирующий отбор	Потенциально более вариабельная тканевая специфичность и чувствительность
CRE (элемент ответа на cAMP)	Палиндромная «каноническая» последовательность	Отличается одной нуклеотидной заменой, что может менять чувствительность к cAMP
ERE (элемент ответа на эстрогены)	Присутствует	Отсутствует, снижает эстроген-зависимую регуляцию
GRE, RAR/RXR (глюкокортикоиды, ретиноиды)	Присутствуют	Присутствуют в сходной форме
Интронные особенности	Не описаны	Длинный гомополимер из 52 С, потенциальное торможение транскрипции
Общая эволюционная характеристика промотора	Высококонсервативный у Salmonidae	Более полиморфный, источник функциональных cis-регуляторных вариантов

Экспрессия генов соматотропной оси на ранних стадиях эмбрионального развития радужной форели



Экспрессия генов соматотропной оси у молодежи и взрослых особей

Молодь



Расширение областей регуляторной экспрессии GH. Уровни *igf1* и *igf2* высокие, достигают значений 15×10^6 и 9×10^6 , соответственно. Бурный рост и развитие организма, полностью перешедшего на экзогенное питание.

Годовик



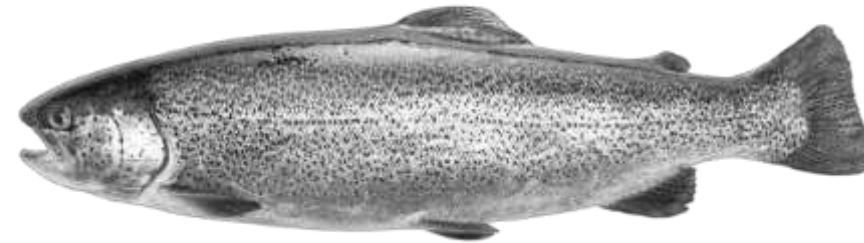
Самая высокая экспрессия *gh1* и *gh2* наблюдается в мозге, также как у *ghr1*, тогда как *ghr2* больше в поджелудочной железе и селезенке. Основной буст роста мышц опосредует *igf1*.

Зрелый самец



У самцов *gh* вместе с *igf-1* стимулирует пролиферацию сперматогоний, но на поздних стадиях сперматогенеза уровень гормона роста снижается. В течение полового созревания андрогены стимулируют активность соматотропной оси в печени, но снижают *igf2* в мышечной ткани.

Зрелая самка



У самок ген *gh2* играет важную роль в период роста ооцитов и созревания фолликулов. В течение полового созревания эстрогены подавляют анаболические сигналы и экспрессию *igf* и *ghr* в печени. Снижение общего уровня *ghr* во время созревания способствует мышечной атрофии и перенаправлению ресурсов на выработку вителлогенина.

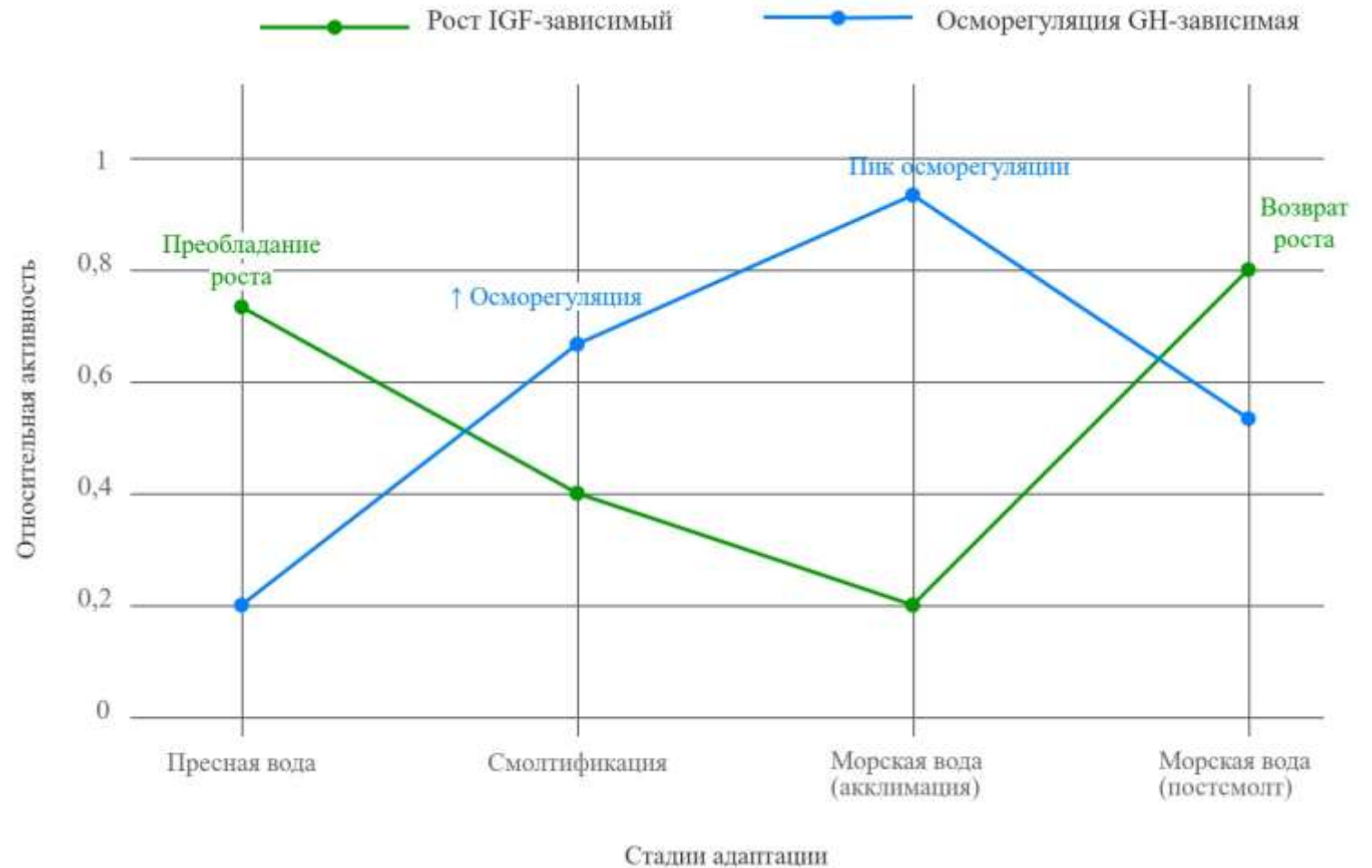
Динамическое равновесие оси GH-IGF при адаптации радужной форели к соленой воде

Во время смолтификации доминируют осморегуляторные процессы, поддерживаемые повышенной секрецией гормона роста и повышенной активностью Na^+/K^+ -АТФазы жабр. В это время рост подавляется.

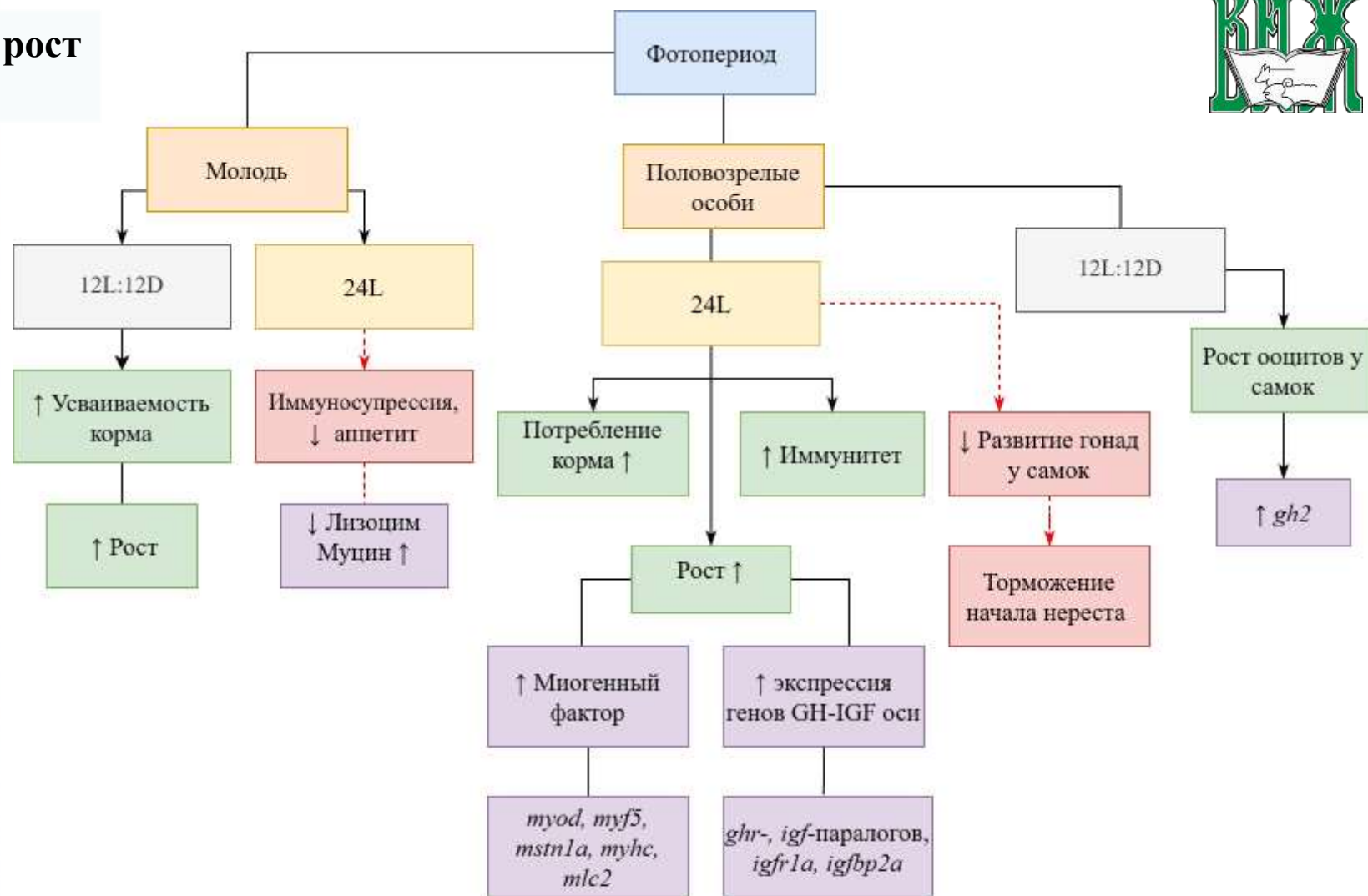
Экспрессия генов, вовлечённых в ось GH-IGF зависит от стадии солёности: транскрипты *gh*-паралогов обычно возрастают с увеличением солёности, в то время как экспрессия *igf* снижается. Происходит перераспределение энергии в сторону осморегуляции.

После успешной акклимации к морской воде, происходит скачок соматического роста уже на стадии постсмолта.

Осмотические процессы способствуют увеличению секреции гормона роста и лучшему темпу роста.



Действие фотопериода на рост радужной форели



12L:12D - 12 часов свет:12 часов темнота;
 24L - круглосуточное освещение;
myod, myf5, mstn1a, myhc, mlc2 - гены семейства миогенных регуляторных факторов;
igfr1a - ген рецептора инсулиноподобного фактора роста 1a;
igfbp2a - ген белок-связывающего инсулиноподобного фактора роста 2a

Заключение

Несмотря на высокую консервативность кодирующих областей генов-паралогов гормонов роста радужной форели, различия в регуляторных мотивах и интронных областях обуславливают перераспределение функций в разных физиологических процессах.

Предположительно ген *gh1* преимущественно поддерживает базовый соматический рост, тогда как ген *gh2* активен в репродуктивных тканях самок во время овогенеза.

Паралоги рецепторов гормона роста также демонстрируют функциональную комплементарность, различаясь по аффинности к соматотропину, тканевой специфичности и активируемым внутриклеточным путям.

На ранних этапах эмбриогенеза ведущую роль играют не *gh*-паралоги, а ген *igf2*, регулируя интенсивность пролиферации. В ювенильном и взрослом возрастах ген *igf1* становится основным медиатором анаболического действия соматотропина.

Экспрессия компонентов соматотропной оси динамична и регулируется в широком диапазоне физиологических контекстов: GH-IGF система участвует в управлении циркадными ритмами, обеспечивая связь между режимом освещения и темпами роста; регулирует адаптацию к солёной воде через перераспределение энергетических ресурсов между осморегуляцией и соматическим ростом; участвует в формировании социальной иерархии, влияя на метаболический профиль и агрессию в поведении рыб; обеспечивает переход к катаболическим стратегиям при голодании и хроническом стрессе.

Таким образом, паралогичные гены не дублируют функции, а распределяют их, формируя устойчивую и гибко регулируемую гормональную систему, обеспечивая высокую адаптивность и пластичность радужной форели.

Эти знания применимы для развития генетических и селекционных программ в аквакультуре, направленных на повышение продуктивности и устойчивости рыб

Спасибо за внимание!

Работа выполнена при поддержке Проекта РНФ № 25-76-10090