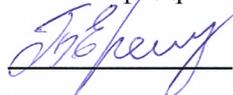


Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(РГГМУ)

Допущена к защите

Кафедра промышленной океанологии и
охраны природных вод

Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент



Т.Р. Еремина

10.06.2016

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Запасы и добыча лосося в дальневосточных
морях России за последние 50 лет

Выполнила Е.А. Чарушникова

гр. О-438

Руководитель к.г.н., доцент

Д.В. Густоев

Санкт-Петербург, 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(РГГМУ)

Допущена к защите
Зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент

Кафедра промышленной океанологии и
охраны природных вод

_____ Т.Р. Еремина

10.06.2016

ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Запасы и добыча лосося в дальневосточных
морях России за последние 50 лет

Выполнила Е.А. Чарушникова

гр. О-438

Руководитель к.г.н., доцент

Д.В. Густоев

Санкт-Петербург, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Сокращения	3
Введение	4
1 Лосось как биологический и промысловый вид	8
1.1 Места обитания и размножения дальневосточного лосося	19
1.2 Ареал обитания дальневосточного лосося	23
1.3 Условия для нагула и нереста дальневосточного лосося	25
2 Методы исследований и расчетов	27
2.1 Первичная статистика	27
2.2 Вероятностные характеристики распределения	28
2.3 Функция спектральной плотности	29
2.4 Статистико-вероятностные экстраполяции временных рядов	31
2.5 Выводы по методам исследований и расчетов	40
3 Определение закономерностей во внутренней структуре временного ряда	41
3.1 Прогнозирование временного ряда уловов дальневосточного лосося	48
Заключение	50
Список литературы	52

Сокращения

АКФ – автокорреляционная функция

СП – функция спектральной плотности

ЭФР – эмпирическая функция распределения

Введение

Предсказуемость - это возможно более точное математическое описание изменчивости, обладающей высокой степенью упорядоченности. Причем, зачастую не так уж важно, изменчивость какого именно параметра мы пытаемся описать и предсказать. Естественно, чем больше мы знаем о причинах, вызвавших тот или иной процесс, его физическом механизме и механизме его взаимодействия с окружающей средой, чем совершеннее математический аппарат, который мы используем для его описания, тем меньше проблем с определением тенденций развития этого процесса на перспективу. В изучении, описании и разработке методов экстраполяции гидрометеорологических характеристик достигнуты немалые успехи. Этого, к сожалению, нельзя сказать в отношении промыслово-биологических параметров.

Дальневосточный лосось является, на сегодняшний день, одним из самых ценных промысловых видов рыб. Удивительно, что при таком интенсивном промысле, уловы лосося практически все время остаются достаточно большими. Конечно, промысел не всегда ведется в разумных пределах, но тем не менее этот вид лосося, выглядит наиболее благополучным. В свете вышесказанного, предсказание запасов и предельно допустимых уловов этого вида рыб, в настоящее время, представляется весьма актуальной задачей. Дело в том, что организациям, занимающимся добычей дальневосточного лосося непосредственно, хотелось бы обладать надежной методикой прогнозирования характеристик, прямо или косвенно относящихся к промыслу этого вида рыб. К таким характеристикам следует отнести температурный фон, величину запаса, объем допустимого вылова и сроки подхода рыбы. Несмотря на определенные успехи, достаточно надежной и универсальной методики, которая позволяла бы надежно предсказывать необходимые характеристики, пока нет.

Временные серии биологических и рыбопромысловых характеристик обладают своей спецификой, проявляющейся как в методах получения исходной информации, так и в способах ее обработки. Тем не менее, ряды наблюдений подобного типа достаточно продолжительны, что позволяет применять к ним современные методы статистического анализа.

Метод статистико-вероятностного прогнозирования (АСАП), базирующийся на учете особенностей внутренней структуры изменчивости полициклических временных рядов, успешно применялись в последние годы для прогноза тепловых условий в Северо-Европейском бассейне. Это обстоятельство послужило основанием для реализации опытного использования этого прогностического подхода при анализе данных промыслово-биологического характера.

Целью работы является определение возможности экстраполяции биолого-промысловых характеристик с использованием методов статистического анализа и статистико-вероятностного прогнозирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

- определить элементарные статистические моменты для первого знакомства с исследуемым параметром;
- исследовать вероятностную структуру ряда;
- исследовать особенности внутренней структуры исходного ряда для определения наличия (или отсутствия) прогностического потенциала;
- провести методическое прогнозирование выбранного параметра с использованием различных подходов к статистико-вероятностной экстраполяции;
- определить возможность использования аппарата статистико-вероятностного прогнозирования для предсказания изменчивости рядов биолого-промысловых характеристик.

Работа состоит из четырех разделов, введения и заключения. В первом разделе, дается описание лосося как биологического и промыслового вида, мест ее обитания и размножения, особенностей промысла и основные подходы к решению проблем предсказания ее запаса и вылова.

Во втором разделе приводится методология расчета первичных статистических моментов и определения вероятностной структуры исследуемого временного ряда. Проводится анализ первичной статистики и вероятностной структуры исходной выборки.

В третьем разделе описаны методы определения закономерностей во внутренней структуре временных рядов. В данной работе использовались расчеты автокорреляционной функции, функции спектральной плотности, а также методы выделения отдельных компонент исходной выборки путем их фильтрации из исходного ряда. Проводится анализ особенностей внутренней структуры ряда уловов дальневосточного лосося, делается вывод о целесообразности применения статистико-вероятностных методов для прогнозирования этого параметра.

Также в третьем разделе работы проводится методическое прогнозирование ряда уловов дальневосточного лосося. В данной работе использовался следующий подход: использовался исходный ряд без предварительной обработки и проводилось методическое прогнозирование.

В заключении сформулированы основные выводы по каждому из вышеперечисленных разделов, и сделано заключение о возможности применения статистических и статистико-вероятностных методов для предсказания тенденций изменчивости промыслово-биологических характеристик, в данном случае - уловов дальневосточного лосося.

Данная работа является одной из первых попыток определения возможности экстраполяции биолого-промысловых характеристик с использованием методов статистико-вероятностного прогнозирования.

1. Лосось как биологический и промысловый вид



Рисунок 1.1 – Представитель отряда лососеобразные

Лососеобразные представляют отряд костистых рыб. Это очень древняя группа рыб, берет свои источники происхождения от представителей костистых рыб. Поэтому у лососеобразных имеется список примитивных черт: у многих скелет и череп окостеневают не полностью (в значительной мере состоят из хряща), у некоторых (вид корюшка) хорда сохраняется на протяжении всей жизни. К лососеобразным относится 27 семейств. Самые популярные из них: лососевые, сиговые, хариусовые, корюшковые. Их длина колеблется от 2,5 см до 1,5 м. Это проходные, морские, пресноводные и глубоководные рыбы. Самое известное из них семейство лососевые.

К семейству лососевых относятся рыбы, имеющие один настоящий спинной плавник и один жировой. В спинном плавнике бывает 10 - 16 лучей. Второй, жировой плавник, в котором отсутствуют лучи. У большинства глаза с прозрачными веками [1].

По строению лосося, в большинстве характеристик, напоминают особей, из отряда сельдеобразных. Из-за такого необычайного сходства, раньше лосось относился к сельдеобразным. Отдельное семейство лососевые было выделено совсем недавно. Выделение отдельного семейства связано с огромным обилием видов и некоторыми отличиями от сельдеобразных.

Таблица 1.1 – Частичная биологическая систематика семейства лососевых

Семейство	Род	Виды
Лососевые	Тихоокеанские (Дальневосточные) лососи	Горбуша
		Кета
		Сима
		Кижуч
		Нерка
		Чавыча
	Род Гольцы	Кунджа
		Мальма (южная проходная)
	Род Таймени	Сибирский (обыкновенный) таймень
	Род Ленки	Ленок

Род тихоокеанских лососей, обитает в бассейне Тихого океана, о чем и говорит его название. У представителей этого рода чешуя зачастую средних размеров или очень мелкая, икринки достаточно большого размера и окрашены в ярко красный или ярко оранжевый цвет.

Владимир Атласов, открывший Камчатский полуостров, говорил: «Арыба в тех реках в Камчатской земле морская, породю особая... И идет той рыбы из моря по тем рекамгораздо много и назад та рыба в море не возвращается, а помирает в тех реках и в заводах».

Кета. Наиболее распространенный и массовый вид дальневосточных лососей.

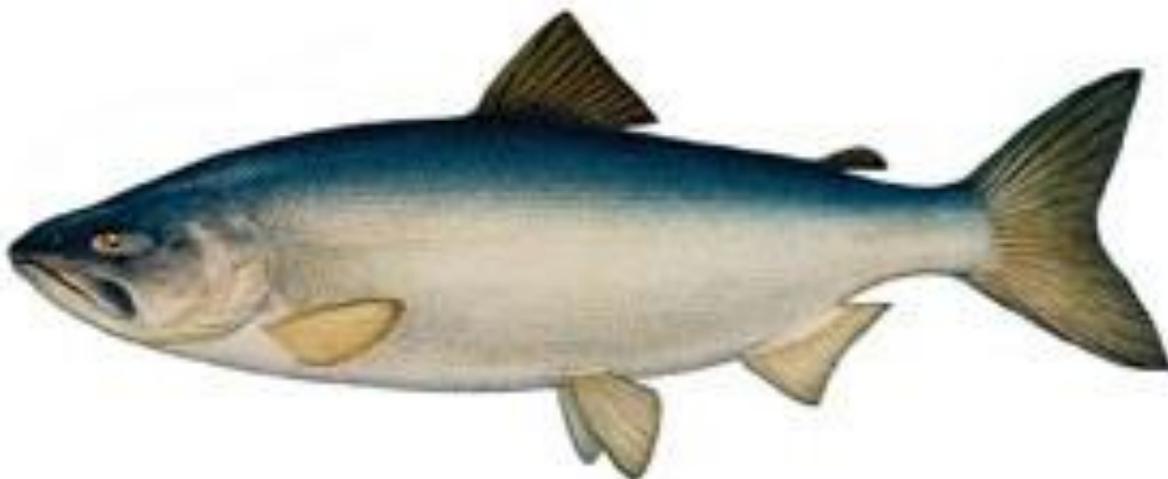


Рисунок 1.2 - Кета (*Oncorhynchus keta*)

Данный вид распространен по двум берегам Тихого океана, от Сан-Франциско и вплоть до Берингова пролива вдоль американского побережья и от Чукотки, и до залива Петра Великого – вдоль азиатского побережья. В Приморье встречается почти всюду.

В морской «экипировке» кета-серебрянка имеет окраску серебристого цвета, без полос и пятен, серебрятся и основания лучей хвостового плавника. В реке изменяется до буроватого, местами желтого цвета, с темными лиловыми или малиновыми полосами. К периоду нереста тело кеты, язык, нёбо и основания жаберных дуг изменяются до совершенно черного цвета. У самцов в период нереста тело меняет окраску и становится более темным, а также слегка сплющивается, спина становится немного горбатой, челюсти удлиняются и изгибаются, а зубы увеличиваются, более заметен данный факт у самца [2].

По своим размерам среди тихоокеанских лососей кета уступает только чавыче. Длина ее достигает значения в 102 см и массы в 15 кг. Периода созревания, данный вид достигает обычно на 3-5-м года жизни. Плодовитость

кеты достигает в среднем 3000 икринок. Икра достаточно крупная, диаметр ее достигает 7 мм.

Горбуша. Уникальна стройным телом и достаточно мелкой чешуей. В море тело имеет серебристый цвет, на хвостовом плавнике много мелких темных пятнышек. В реке окраска меняется: темные пятна покрывают спину, бока и голову, ко времени нереста голова и плавники становятся почти черными, а все тело приобретает коричневый цвет, кроме брюха, которое остается белым. Особенно сильно изменяются пропорции тела: у самцов на спине вырастает огромный горб (отсюда и название вида), челюсти удлиняются и искривляются, на них вырастают сильные зубы. Чешуя погружается в кожу и срастается с ней. Некогда стройная и красивая рыба становится уродливой.



Рисунок 1.3 – Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*)

Горбуша – проходной вид. В Приморские реки заходит на всем протяжении побережья от залива Петра Великого до самых северных районов. Распространена горбуша широко – на юге от берегов Кореи (на азиатском побережье) и Калифорнии (на американском) до Северного Ледовитого океана (на западе река Лена и на востоке река Маккензи).

Горбуша – самый мелкий представитель дальневосточных лососей. Длина горбуши обычно составляет 68 см, при этом масса 3,0 кг, но существуют и исключения, известны случаи вылова отдельных экземпляров длиной 76 см и массой 5,7 кг. При этом самцы, обычно, крупнее самок.

Нерестится горбуша в августе и сентябре в местах, где течение более быстрое, там, где дно покрыто галькой, достаточно крупного размера. Плодовитость данного вида составляет 1480 - 2230 икринок. Самка откладывает икру в одно, два или три гнезда и засыпает их галькой. При этом образуется бугор овальной формы (нерестовый бугор) длиной 2 - 3 м и шириной 60 см. Слой гальки над икрой составляет 35 см. В течение нескольких дней самки охраняют отложенную икру, не давая другим рыбам отнереститься на этом же месте. После этого самки ослабевают. И обессиленные сносятся течением и погибают. После нереста погибают и самцы горбуши. Через 2-3 месяца после гибели родителей из икринок выходят мальки. Они остаются в бугре до весны, питаясь запасами желточного мешка. Весной они скатываются в море, достигнув в длину 3-4 см [3].

Горбуша, попав в море, очень активно питается достаточно калорийной пищей: мелкой рыбой, кальмарами, анчоусами, и ракообразными. Поэтому растет и созревает она необычайно быстро. Через 18 месяцев после ската в море она уже возвращается в реки, чтобы отложить икру и погибнуть. Горбуша теплолюбивый вид. Зимует она в юго-западной части Японского моря, в которой температура поверхности воды не достигает значений ниже 5°C. Это обстоятельство, по-видимому, также способствует ее быстрому росту.

Горбуша - самый многочисленный представитель тихоокеанских лососей, занимающий по объему вылова первое место.

Чавыча. Самый крупный, самый ценный вид тихоокеанских лососей. Длина его достигает длины в 147 см и массы 61 кг, средний размер составляет 90 см.

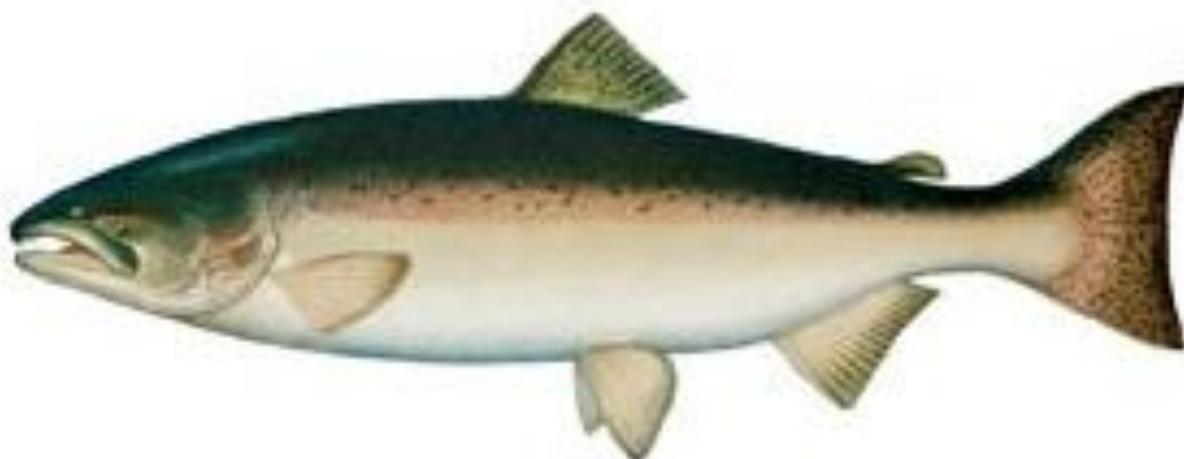


Рисунок 1.4 – Чавыча (*Oncorhynchus tshawytscha*)

Встречается достаточно редко в морских водах Приморья. В большинстве своем данный вид обитает на Камчатке и у американского побережья Тихого океана.

Мясо чавычи по вкусовым качествам славилось с давних времен. Американцы называют чавычу kingsalmon – "король-лосось", а японцы присвоили ей звание "князь лососей".

Спина, хвостовой и спиной плавники у чавычи покрыты круглыми, достаточно мелкими черными пятнами. Брачный наряд слабо выраженный, во период нереста самец обретает более черную окраску, на боках появляются размытые красные полосы. Период жизни чавычи 4 - 7 лет. Рацион питания: ракообразные, рыбы, кальмары.

Кижуч. В водах Приморья данный вид встречается редко. Известны лишь его единичные факты присутствия в реках северного побережья. Основные районы обитания кижуча: у Камчатки и американское побережье Тихого океана до штата Орегон.



Рисунок 1.5 – Кижуч (*Oncorhynchus kisutch*)

От других видов лососей кижуч отличается цветом чешуи, ярко-серебристым, (отсюда японское и американское название – "серебряный лосось" и наше старое – "белая рыба"). Спина и верхняя часть головы имеют зеленоватый цвет, у некоторых рыб они с синеватым отливом. По этим признакам, а также благодаря наличию на спине, верхней части головы и хвостового плавника черных, не очень правильной формы пятен, он легко отличается от других видов дальневосточных лососей. В длину данный вид достигает 98 см и массы 14 кг, средний размер 60 см и масса 3 - 4 кг.

В реки кижуч заходит позднее других лососей. И период его нереста: с начала сентября до марта, часто подо льдом. Во время нереста и самцы и самки приобретают темно-малиновый цвет. Мальки живут в реке 1-2 года, питаются воздушными насекомыми, их личинками и икрой других видов лососевых. В море кижуч живет мало и уже на третьем году становится половозрелым.

Кижуч самый теплолюбивый из всех тихоокеанских (дальневосточных) лососей. Он зимует при температуре 5,5-9 °С [4].

Сима (мазу). Сима один из самых красивых представителей тихоокеанских лососей, особенно в брачный период. В море она имеет ровную серебристую окраску. Тело стройное, на спине есть мелкие черные, округлой формы пятнышки; реже на спинном, хвостовом, спинном плавниках присутствуют мелкие черные пятнышки.



Рисунок 1.6 – Сима (*Oncorhynchus masou*)

Сима, при достижении половой зрелости темнеет, в реке полосы на боках тела становятся ярко-красными с малиновым оттенком, на брюшке они сливаются в общую продольную полосу, окрашенную светлее. В переводе с английского и японского сима означает "вишнёвый лосось", что соответствует ее цвету. В период нереста у самцов вырастает горб, удлиняется верхняя челюсть, загибаясь крючком, на челюстях вырастают большие зубы.

Сима - единственный из тихоокеанских (дальневосточных) лососей, встречающийся только вдоль азиатского берега, а в водах Америки отсутствует. В водах Приморья встречается почти везде.

В Приморье данный вид представлен в более крупных размерах, чем в других регионах. В длину достигает 71 см и массы тела 9 кг. Обычно длина симы составляет 50-60 см, а масса 3 - 4 кг. Жизненный цикл, как и у других тихоокеанских лососей, подразделяется два периода: морской и пресноводный, причем в реках живет от 1 до 3 лет и может образовывать жилые пресноводные формы. Морской же жизненный цикл продолжается 1-2 года. Гнезда, в которые откладывается икра, достигают значений в глубину 10 – 45 см. Гнезда, сима, делает на галечно-илистых грунтах со слабым течением. Икру данный вид откладывает в течение 2-3 суток. После нереста самка еще неделю продолжает охранять нерестовый бугор от хищников и особей своего вида, а самец покидает самку и может образовать новую пару с особью, которая ещё не отнерестилась.

Мальки симы после выхода из гнезда остаются в месте нереста, а не скатываются в море, как другие виды лососевых. Места нереста обычно локализуются в верховьях рек, в мелкой воде со слабым течением, там мальки питаются личинками насекомых и самими водными и воздушными насекомыми. В море молодь симы скатывается на втором или третьем году жизни. Молодь, живущая в реках, нарекается под названием "пеструшка", "каменка", "подкаменка" [5].

Сима считается третьей по численности среди тихоокеанских (дальневосточных) лососей, встречающихся в Приморье.

Нерка. В длину данный вид достигает 80 см, и веса 3 кг. Размерами и формой тела нерка очень схожа с кетой. Различить эти виды можно по числу жаберных тычинок на первой жаберной дуге. У нерки всегда больше 30, в отличие от кеты, у которой 18 – 28. Половой зрелости достигает чаще всего на 5-6-м году жизни.



Рисунок 1.7 – Нерка (*Oncorhynchus nerka*)

Чаще всего нерестится в озерах, в отличие от других лососевых. Обязательным критерием для места нереста: наличие мест выхода ключей. Заход в реки данного вида как правило с мая по июль. Брачный наряд некри имеет ярко-красный цвет, только голова имеет зеленую окраску. Вследствие данного факта нерка получила второе название – красная. Из икры молодь нерки выходит в середине зимы, мальки долгое время живут в пресной воде, некоторые задерживаются на 2 - 3 года, лишь немногие уходят на морскую воду в то же время.

Период присутствия в море 1 - 4 года. Мясо нерки обычно ярко красного цвета, а не розовое, как у других видов лососевых. Рацион питания нерки: достаточно мелкие, но жирные рачки-каляниды, которые имеют красный цвет

за счет каротиноидного пигмента. И со съеденными рачками этот пигмент попадает в мясо нерки.

Существует также озерная форма нерки, под названием кокани. В некоторых реках кроме проходной есть карликовая форма нерки. Карликовые формы данного вида могут встретиться в Японии, Северной Америке, Камчатке.

Они не скатываются в море, достигают половой зрелости в пресной воде и участвуют в нересте вместе с проходной красной.

Икра нерки отличается своими размерами, от икры других видов лососевых – мелкая и горькая на вкус.

Все представители рода являются ценными промысловыми видами рыб, исключением является чавыча, которая достаточно редко встречается в Приморье, и поэтому особого промыслового значения не имеет.

Лососевые – проходные и пресноводные рыбы северного полушария, в южном полушарии лососевых, кроме акклиматизированных человеком, нет.

Лососевые виды рыб легко могут менять образ жизни, внешний вид, окраску, под влиянием внешних условий. Мясо всех лососевых превосходно на вкус, и большинство из них стали объектами промысла и рыборазведения. Лососевые – одни из важнейших промысловых рыб мира [6].

1.1 Места обитания и размножения дальневосточного лосося

Представители рода Тихоокеанские лососи обитают в бассейне Тихого океана.

Чаще всего дальневосточный лосось в России встречается на Камчатке, Курилах и у острова Сахалин.

В их жизни выделяют два периода: морской и период нереста. В морской период жизни тихоокеанские лососи растут и нагуливаются во всей северной части Тихого океана - Японское, Охотское и Берингово моря. Пища их разнообразна: мелкие рыбы и их молодь, ракообразные, молодь кальмаров, черви, реже медузы и мелкие гребневики. У разных видов этот период различен (от 1 года до 6 до лет). Тело лососей в это время стройное, покрыто серебристой, легко опадающей чешуей, зубов на челюстях нет.

Когда рыбы достигают половозрелости, начинается второй период их жизни. Они совершают нерестовую миграцию – путешествие без возврата, устремляясь в реки, где они родились и где им суждено, отложив икру, погибнуть. Неизвестен ни один случай переживания дальневосточными лососями нереста, и этим они отличаются от всех других лососевых. Каждая рыба идет туда, в ту реку, в ту протоку, где несколько лет назад она родилась. Причины этого не разгаданы до конца. Одни ученые считают, что у рыб знание родных берегов врожденное, другие, что рыбы приобретают его после того, как поживут некоторое время в реке. Чтобы выяснить, кто прав, перенесли лососинную икру из ручьев, где она была отложена, в другие реки. Когда мальки вылупились, их некоторое время откармливали в особых питомниках, а затем метили и выпускали в чужую реку. Через несколько лет, поплавав в море, они вернулись туда, где жили мальками, а не туда, где их родители отложили икру. Значит, знание нерестилищ не врожденное, оно приобретается в то время, когда мальки живут в реке. Какие приметы запоминает рыба? Есть предположения, что химические: у берегов они

"узнают" воду "родной" реки, отличая тончайшие особенности ее химического состава с помощью органов обоняния и вкуса (когда лососевым заклеивали ноздри и пускали в море, они не могли так точно отыскать родные реки). Но как они ориентируются в открытом море, далеко от родных берегов? Возможно, в данном случае они ориентируются по солнцу, луне, ярким созвездиям. Впрочем, эта загадка еще ожидает разрешения.

Внешний вид лососей, входящих в реки, меняется. У них появляется "брачный наряд": тело уплощается, на челюстях, сошнике, нёбе и языке появляются сильные крючковатые зубы. Сами челюсти, особенно у самцов, искривляются, на спине вырастает горб, кожа становится толстой и грубой, в нее врастает чешуя. Серебристая окраска исчезает, и в коже появляется пигмент, окрашивающий ее в черный, малиновый или лилово-красный цвет. У самок признаки брачного наряда выражены слабее, чем у самцов.

Причины возникновения брачного наряда не изучены. Одни исследователи, считают, что брачный наряд привлекает самок, выбирающих "красивейшего" самца, другие видят в них приспособления, полезные рыбам в условиях рек. Есть и другие предположения, но какая из точек зрения ближе к истине, покажет будущее.

Во время миграции от устьев рек к местам нерестилищ лососи не питаются, превращаясь из прожорливых хищников в голодающих йогов. Их силы поддерживаются за счет запасов жира, накопленных в море. Есть им некогда, да и пищу "складывать" некуда, т.к. половые железы так разрастаются, что распирают бока и сжимают кишечник и желудок. Во время пути они крайне истощаются, теряя более 75% накопленной в море энергии [7].

Все это время рыбы выполняют огромную работу, поднимаясь вверх по течению рек, нередко бурных, изобилующих перекатами, порогами и водопадами. Чтобы преодолеть препятствие, рыбы иногда подсакивают на

высоту до 2,5м. В это время их со всех сторон поджидают опасности: медведи, хищные птицы, люди. Рекордсмен нерестовых миграций – чавыча проходит вверх по реке Юкон в Северной Америке до 4 тыс. км.



Рисунок 1.2 – Представители рода дальневосточных лососей во время нереста

Нерестовая миграция лососей при их большой численности оставляет неизгладимое впечатление. Вот как описал ее первый ученый, исследовавший Камчатку, С.П. Крашенинников: "Все рыбы на Камчатке идут летом из моря в реки такими многочисленными рунами, что реки от того прибывают и, выступя из берегов, текут до самого вечера, пока перестанет рыба входить в их устья". Описание Крашенинникова относится к 1737-1741 гг., и до начала нашего века его нельзя было считать преувеличенным. В настоящее время численность тихоокеанских лососей сильно сократилась и нерестовый ход уже не представляет столь грандиозного зрелища.

Все тихоокеанские лососи закапывают оплодотворенную икру в грунт, поэтому нерестятся они в местах, где дно не заилено, покрыто галькой или гравием, нередко там, где бьют подводные ключи. Прежде чем отложить икру, самка очищает дно от мусора, травы, ила. Она ложится на бок и бьет хвостом: ил взмывает вверх, под ним обнажается песок. После этого самка энергичными движениями хвостового стебля разбрасывает грунт и роет, таким образом, яму длиной 2-3 метра. Икра откладывается в образовавшуюся яму, и самец поливает ее молоками. Между самцами во время нереста происходят непрерывные стычки. Часть икринок остается неоплодотворенной, многие уносятся течением и поедаются пресноводными рыбами. Выметав икру, самка ударами хвоста, забрасывает яму галькой. Образуется бугор, под которым икринки проходят развитие, и вышедшие из икры личинки находятся до рассасывания желточного мешка. Таких гнезд закладывается несколько. Трудится самка дня 2-3, иногда неделю. Потом караулит гнездо.

Наиболее истощенные погибают уже на нерестилище, другие, обессиленные, истерзанные, больные, плывут вниз по течению и гибнут по дороге к устью. Дно и берега рек покрываются мертвой рыбой. На этот обильный корм собирается множество ворон, чаек и самых разных зверей, вплоть до медведей.

Мальки, как только рассосется желточный пузырь, выходят из бугра и сплывают вниз по течению, питаются мелкими водными беспозвоночными и упавшими в воду насекомыми. И все начинается сначала.

Такой жизненный цикл характерен для дальневосточных лососей. Некоторые европейские лососи возвращаются в море живыми, приходят в себя, поправляются и на следующий год вновь отправляются на нерест.

Нерестовый ход в реки Северного Приморья начинается в августе, заканчивается в сентябре-октябре. Нередко она нерестится уже подо льдом. Для нерестилищ кета выбирает затишные участки небольших рек, дно которых покрыто мелкой галькой и гравием. В суровые зимы нерестилища нередко промерзают до дна, и наблюдается массовая гибель потомства. Достигнув песчаного или галечного грунта, самка устраивает гнездо в виде ямы, куда откладывает икру, а затем засыпает ее песком. Таких гнезд самка закладывает несколько, обычно три. По окончании нереста самка насыпает над гнездом бугор длиной до 2-3 м и шириной около 1,5 м. Вся эта работа продолжается обычно 2-4 дня.

Закончив нерест, самка в течение нескольких дней, пока не погибнет от истощения, караулит гнездо. Самцы же покидают самок, как только те вымечут икру. Выклев личинок происходит весной, и они, не задерживаются в реке и сразу скатываются в море. Скатившаяся молодь в первое лето обитает в прибрежных водах, в бухтах и заливах и лишь позднее откочевывает в открытые воды Японского моря и в Тихий океан, где распределяется на обширной акватории. Через 2-4 года, достигнув половой зрелости, начинает миграцию в родные реки [8].

1.2 Ареал обитания дальневосточного лосося

Основная часть лососей обитает в северной части Тихого океана, совершая периодические миграции к устьям нерестовых рек, как на азиатском, так и на американском побережьях. Через несколько лет этот же путь, только в противоположном направлении, совершает их потомство. Благодаря такой сложной схеме ареал обитания огромен, причём в бассейне Тихого океана

образуются многочисленные зимние популяции, которые биологи условно объединяют в три основных.

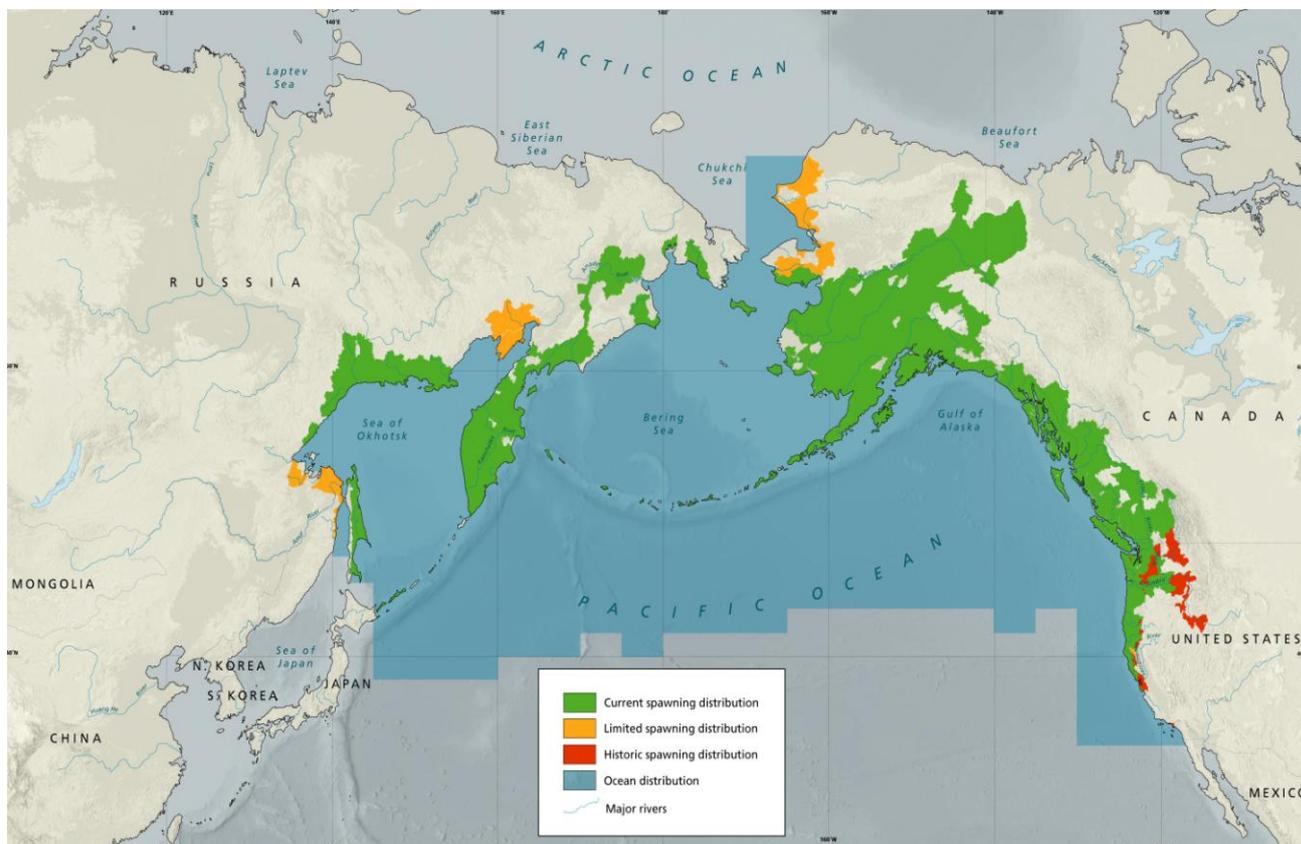


Рисунок 1.3 – Ареал обитания дальневосточного лосося в разные периоды жизненного цикла

Одна из них находится к югу от Алеутской гряды, и эти лосося ходят нереститься в реки Камчатки и Охотского побережья. Второе стадо обитает к востоку и юго-востоку от Курильских островов и о. Хоккайдо, а метать икру рыбы идут в реки восточного побережья Сахалина, реку Амур, Охотского побережья и западной части. И, наконец, третья группа остаётся в холодное время года к югу от Алеутской гряды, а нерестятся лосося в реках Аляски и Канады.

1.3 Условия для нагула и нереста дальневосточного лосося

Лососи — типичные проходные рыбы: они постоянно живут в море или озере и поднимаются в реки только для размножения. Жизнь различных видов лососей в общих чертах сходна, но вместе с тем биология каждого вида и даже одного и того же вида, но в разных реках имеет свои особенности.

Обычно, достигнув возраста 4—6 лет, лосось входит в быстрые порожистые реки и речки, поднимаясь вверх по течению иногда на сотни километров. Сроки захода лосося в реки неодинаковы: лососи «яровой» формы поднимаются летом и в начале осени непосредственно перед нерестом. Лососи «озимой» формы входят в реки поздней осенью или ранней весной и проводят в них до нереста около года.

Для стоянок в реке в донерестовый период лососи выбирают преимущественно неглубокие быстрые места с песчано-галечным или каменистым грунтом. Чаще всего это участки, расположенные вблизи нерестилищ, выше порогов и перекатов.

Для нереста они выбирают главным образом глубоководные участки рек, там, где быстрое течение. Такой дальневосточный лосось, как чавыча, использует для икрометания достаточно специфические места. Это может быть место перед перекатом, имеющим достаточную глубину, и перед быстрым течением воды, особенно в верховьях рек на Камчатке. Дальневосточный лосось во время нереста может заходить и в озера с песчано-галечным грунтом с хорошо выраженным подрусловым потоком. В мелких притоках или верховьях рек размножаются горбуша и кета, выбирая участки ниже по течению.

Нерест в северных реках начинается со второй половины сентября или в октябре при температуре воды от 0 до 8°. На юге лосось мечет икру в октябре — январе при температуре воды от 3 до 13°.

После нереста лосось еще больше худеет и слабеет, а часть лососевого стада гибнет. Процент гибели рыб не везде одинаков. Обычно его определяют по количеству поворотного возврата на нерест, который колеблется для различных рек от 9 до 28 процентов.

Из выметанной икры весной выклеваются молодые лососи, по внешнему виду напоминающие форель-пеструшку. В реке молодь лосося проводит от 1 года до 5 лет (чаще 2—3 года), вырастая за это время до 15—18 см. Держатся они на быстрых местах и питаются низшими ракообразными, личинками насекомых и самими насекомыми. Иногда лососики схватывают дождевых червей. Поэтому рыболов, который ловит на удочку в «лососевых» реках, должен уметь отличать молодых лососиков и при поимке сразу же отпускать их обратно в реку. Перед скатыванием в море или озеро лососики утрачивают крапинки и приобретают серебристую окраску. Скатившись в море или озеро, лосось начинает интенсивно кормиться и быстро растет, достигая в течение одного-двух лет веса в несколько килограммов. Основное питание лосося в море и озере — ракообразные и некрупная рыба.

Поведение лосося во время миграций и нереста меняется: в начале подъема он интенсивно играет, высоко выпрыгивая из воды; по мере приближения нереста прыжки над водой становятся реже и ниже. Нерестующий и отнерестовавший лосось почти совсем не выпрыгивает из воды, а только «плавится», т. е. показывает над поверхностью воды спинной плавник или конец хвоста. Наиболее интенсивна игра у лосося в тихую погоду, причем ранней осенью и весной игра интенсивнее зорями, а поздней осенью — в середине дня [9].

2. Методы исследований и расчетов

Описание статистических методов обработки исходных временных рядов, использованных в работе, необходимы чтобы непосредственно представить эти методы и необходимы для создания некоторого образа алгоритма последующих исследований. Методологическая база является как бы скелетом, на который последовательно, пошагово, постепенно усложняясь, будут нанизываться результаты расчетов, их анализ и выводы. В рамках работы предполагается использование следующих методов и подходов:

- 1) расчет первичных статистических моментов;
- 2) расчет автокорреляционной функции и функции спектральной плотности;
- 3) оценка перспектив использования полученных результатов для выполнения экстраполяции статистико-вероятностными методами;
- 4) методическое прогнозирование выбранного параметра.

2.1. Первичная статистика

Расчет первичных статистических моментов, которые нужны чтобы определить общую идею изучаемого процесса. Для изучения процесса выделяют следующую базовую статистику:

1) среднее
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

2) амплитуда колебаний
$$A = X_{\max} - X_{\min} \quad (2.2)$$

3) дисперсия
$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (2.3)$$

4) среднеквадратическое отклонение
$$\sigma = \sqrt{D} \quad (2.4)$$

5) коэффициент асимметрии

$$A_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3} \quad (2.5)$$

6) коэффициент эксцесса

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - 3}{n\sigma^4} \quad (2.6)$$

Результаты расчета первичных статистических моментов, как правило, представляются в табличном виде.

2.2. Вероятностные характеристики распределения

Анализ эмпирической гистограммы использован, чтобы определять характеристики процесса, его интенсивность, частоту типичных и крайних значений. Кроме того, определение вероятности перехода от начального характерного состояния в другое позволяет, в первом приближении, рассуждать о возможной тенденции протекания процесса.

Гистограмма строится при использовании следующих соотношений:

количество интервалов: $K_{\text{инт.}} = 5 \lg N \quad (2.7)$

размер интервала: $R_i = (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) / K_{\text{инт.}} \quad (2.8)$

Далее подсчитывается количество значений попадающих в определенный интервал и проводится анализ результатов.

2.3. Функция спектральной плотности и автокорреляционная функция

Понятие спектра, довольно широко используется в различных науках. В гидрометеорологии это понятие используется при определении скрытых периодичностей во внутренней структуре первоначального хронологического ряда, для изучения законов изменения его частотной структуры, в моделировании и прогнозе квазистационарных процессов. Почти все процессы в океанографии могут быть представлены как сумма детерминистических и стохастических составляющих. Кроме того, в рамках детерминированной - можно воспринимать как периодическую функцию времени, которая не несет элемента случайности.

Параметрами циклических функций принято считать:

- 1) период (τ),
- 2) частоту (линейную ($f=1/\tau$) или циклическую ($\omega=2\pi/\tau$)),
- 3) амплитуду (размах колебаний (Δ))
- 4) фазовый угол (сдвиг по времени относительно начала отсчета (ϕ)).

Чтобы облегчить процесс выделения циклических компонент, первоначальный временной ряд сжимают (сокращают), переходя от линии времени (t) и абсолютных значений какой-либо величины (например, T_w °C) к шкале частот (периодов) и амплитуд (рассеивания). Это превращение позволяет получить функцию, характеризующую распределение дисперсий исходных значений статистического ряда по частотам (периодам). Именуется эта функция спектральной плотностью. Спектральные оценки рассчитываются с помощью автокорреляционной функции (АКФ), преобразованием Фурье или основываясь на регрессионных оценках.

$$S(f) = 2/m \left\{ R_0 + 2 \sum_{i=1}^m R_i * \text{Cos}(2\pi f_i / f_h) + R_m * \text{Cos}(2\pi f_i / f_h) \right\} \quad (2.9)$$

где:

$f=1/\tau$ - частота;

$F_h = 1/2\Delta t$ - частота Найквиста;

R_0, R_i, R_m - оценки автокорреляционной функции

Оценки автокорреляционной функции проводились по формуле:

$$R_i = \frac{1}{\sigma_X^2(N-M) \sum_{j=1}^{N-M} (X_j - \bar{X})(X_{i+j} - \bar{X})}; \quad i=0, \dots, M \quad (2.10)$$

Чтобы сокращать влияние ограниченной длины начального временного ряда и максимального сдвига автокорреляционной функции на результирующую оценку спектральной плотности используют специальную функцию называемую "спектральное окно". Эта функция помогает уничтожению из АКФ малых флуктуаций из-за влияния ограниченности исходной статистической серии значений. Конкретная форма спектрального окна может рассчитываться различными способами:

$$\text{окно Хемминга: } H_i = \begin{cases} 0.54 + 0.46 \cos(\pi i / \tau_0) & i \leq \tau_0 \\ 0 & i > \tau_0 \end{cases} \quad (2.11)$$

$$\text{окно Парзена: } H_i = \begin{cases} 1 - 6\tau^2 / \tau_0 (1 - i/\tau)^2 & i \leq \tau_0 \\ 0 & i > \tau_0 \end{cases} \quad (2.12)$$

Характерной особенностью практически всех спектральных окон и частотно-весовых функций является то, что они производят сглаживание АКФ-оценок (окно Хемминга может даже приводить к появлению отрицательных ординат спектра) и, следовательно, искажают оценки спектральной плотности. Однако, с этим приходится мириться т.к. истинные оценки спектра, как правило, неизвестны и определить возможные погрешности очень трудно. Для оценки

достоверности (значимости) полученных результатов, рассчитываются доверительные интервалы и спектр красного шума. Верхний и нижний доверительные интервалы, соответственно рассчитываются по соотношениям:

$$S_0(f) - \frac{\chi^2}{\nu} < S(f) < S_0(f) + \frac{\chi^2}{\nu}. \quad (2.13)$$

где: $S_0(f) = \sum_{f=0.01}^{2\pi} S_0(f) / N$; $\nu = \frac{2N - m / 2}{m}$.

Спектр красного шума рассчитывается по формуле:

$$S(f)_{\text{к.ш.}} = \frac{1 - R_1^2}{1 + R_1^2 - 2R_1 \cos(2\pi f)} \quad (2.14)$$

Таким образом, физический смысл функции спектральной плотности состоит в том, что она означает (описывает) плотность дисперсии случайной квазистационарной функции на данной частоте.

2.4. Статистико-вероятностные методы экстраполяции временных рядов

Экстраполяция гидрометеорологических и биолого-промысловых характеристик достаточно трудная задача, во-первых, из-за того, что процессы происходящие в океане и атмосфере сами по себе очень сложны, как по своей структуре, так и по характеру взаимодействия между собой, и во-вторых, из-за недостатка научно обоснованных знаний позволяющих адекватно описывать эти процессы. Кроме того, взаимодействие между фундаментальной теорией и результатами математического описания реальных данных (в аналитических и прогностических целях) остается крайне сложным. Исследования последних лет показали, что природным процессам свойственны неоднородность и нестационарность в изменчивости, что не позволяет

рассматривать их как хорошо организованную поддающуюся строгому описанию систему. Это создает определенные предпосылки к тому, что развитие прикладных методов статистического анализа и экстраполяции очень тесно связано с расширяющимися представлениями о природных явлениях и процессах. Многообразии факторов, влияющих на временную изменчивость различных характеристик, не позволяет четко и однозначно формализовать причинно-следственные зависимости. Таким образом, статистико-вероятностные методы анализа и прогноза находят все более широкое применение, особенно на начальном этапе исследования прогнозируемого процесса.

Следующим положительным моментом статистико-вероятностного подхода к проблеме прогнозирования, следует считать открывающуюся возможность "стандартизовать" процесс прогнозирования и ослабить загромождение науки интуитивными решениями, практически не поддающимися теоретическому осмыслению. В качестве примера можно привести прогностические схемы для одних и тех же регионов, обладающих одинаковой или почти одинаковой оправдываемостью. Такие схемы эффективны только для экстраполяции тех типов процессов и для тех пространственно-временных связей, на которые они настроены. При смене тенденции течения процесса или полной его перестройке схема как правило "разваливается" и для восстановления ее работоспособности требуются определенные усилия, а главное время. Определенные сложности возникают и в плане интерпретации результатов. Таким образом, применение комплекса статистико-вероятностных методов каждый из которых хорошо описывает "свои" типы процессов, может стать хорошим базовым инструментом для специалистов в области оперативного прогнозирования.

Практически любая прогностическая схема - это некая модель развития исследуемого процесса. Причем зачастую не так уж и важно, глубоко

физична или математически формальна эта модель. Основной критерий качества любой модели - адекватность описания фактических данных. В этой связи предпосылки для использования моделей основанных на учете закономерностей во внутренней структуре исследуемого процесса следующие:

- модели используют единственный входной сигнал - сам исследуемый процесс;
- алгоритмы расчетов хорошо поддаются автоматизации;
- расчеты не требуют мощных вычислительных ресурсов и сложной аппаратуры;
- результаты расчетов достаточно просты в интерпретации и наглядны.

Таким образом, основная задача сводится по существу к объединению наиболее широко известных, на настоящее время, прогностических моделей, основанных на статистико-вероятностных методах, в единый программный комплекс. Прогностическое направление в современной науке развито неизмеримо слабее, чем аналитическое и диагностическое. Частично это связано с тем, что большинство теорий являются полуэмпирическими. При прогнозировании приходится учитывать влияние параметров и явлений от которых теория как правило абстрагируется. Это требует постоянного возвращения от прогноза к диагнозу и анализу исходных данных. Таким образом, теория может одновременно хорошо описывать, удовлетворительно объяснять и плохо предсказывать. Совершенствование моделей связано с совершенствованием теорий, их уточнением и наоборот. Отсюда следует, что для реализации такого подхода необходимо учитывать основные методологические принципы построения моделей.

1. принцип системности;
2. согласованность модели со структурой исходных данных;
3. полнота, адаптивность и эволюционность модели;

4. простота модели;

В результате, общая логическая последовательность операций разработки прогностической модели сводится к принципу проведения научных исследований о единстве описания (анализ), объяснения (диагноз) и предсказания (прогноз) как основных звеньев проведения исследования. Очевидно, что именно с этих позиций следует подходить к проблеме экстраполяции различных характеристик, в том числе и промыслово-биологического характера.

При реализации моделирования внутренней структуры рядов использовались методы, каждый из которых обладал бы свойством настройки на "свою" структуру развития процесса. В настоящее время таких моделей разработано предостаточно. Однако моделей действительно существенно отличающихся по типу воспроизводимых ими процессов не так много. К ним можно отнести следующие методы:

- климатический;
- инерционный;
- байесовский;
- динамико-статистический;
- авторегрессионные;
- Фурье;
- средняя комплексация;
- регрессионная комплексация.

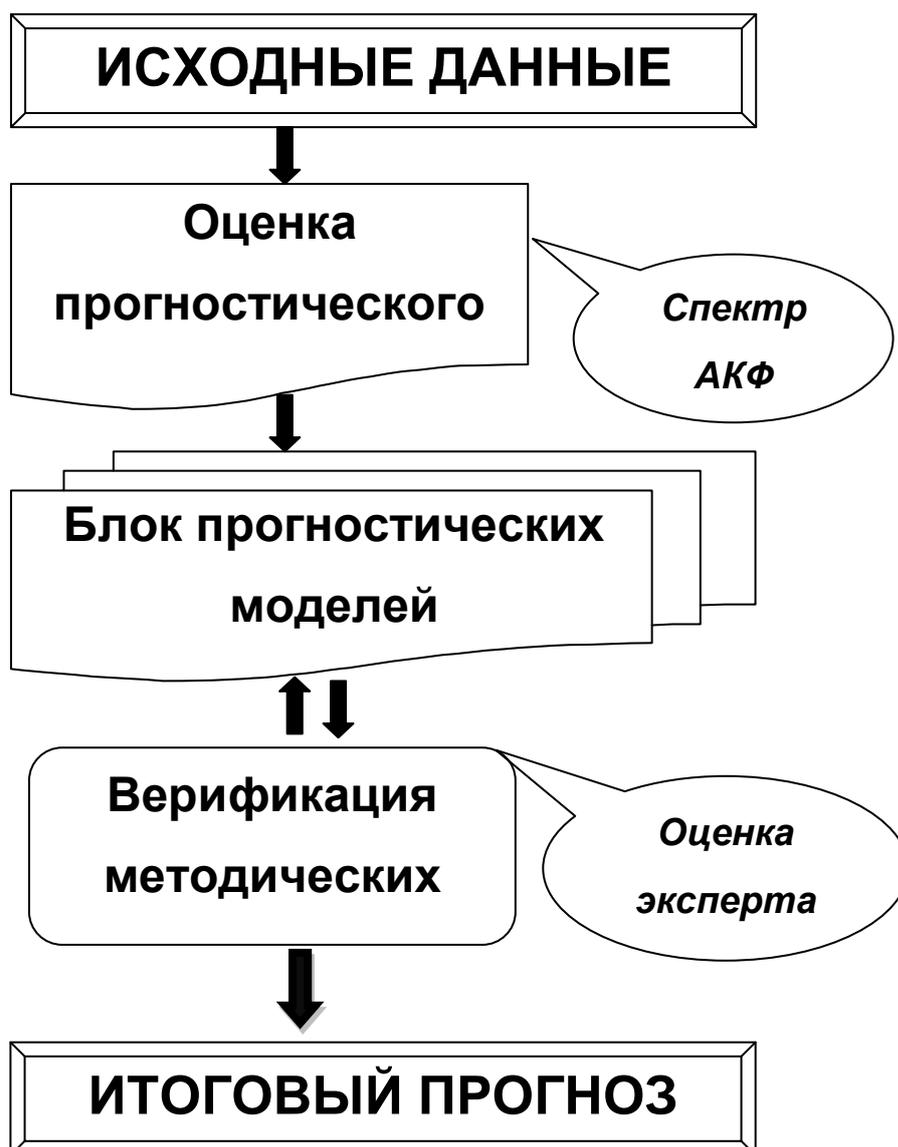


Рисунок 2.1. Блок-схема статистико-вероятностного прогнозирования

Все перечисленные методы (Табл. 2.1) достаточно просты в реализации, обладают свойством настройки и самообучения. Кроме того, используя модульную структуру, в данный блок можно будет либо добавлять новые модели, либо модернизировать уже существующие.

Таблица 2.1 – Соотношения, используемые в статистико-вероятностных методах экстраполяции

Название метода	Формула
Климатический	$X_i = \bar{X}$
Инерционный	$X_i = X_{i-1}$
Байесовский	$X_i = P_{\max} * X_{i-1}$
Динамико-статистический	$X_i = \sum_{n=1}^K A_n * X_{i-n}$
Динамико-стохастический	$X_i = A_1 (I) * X_{i-1}$
Авторегрессия-1-го порядка	$X_i = A_{11} * X_{i-1}$
Авторегрессия-2-го порядка	$X_i = A_{21} * X_{i-1} + A_{22} * X_{i-2}$
Авторегрессия-3-го порядка	$X_i = A_{31} * X_{i-1} + A_{32} * X_{i-2} + A_{33} * X_{i-3}$
Фурье	$X_i = \sum_{j=1}^N (A_j * \cos(j\omega t) + B_j * \sin(j\omega t))$
Средняя комплексация	$X_i = 1/m \sum_{j=1}^M X_j$
Регрессионная комплексация	$X_i = 1/m \sum_{j=1}^M B_j * X_j$

Итоговое прогностическое значение получается после проверки качества работы каждой статистико-вероятностной модели. Для этой цели в исходной выборке необходимо выбрать участок (так называемый "методический") на котором и определяется устойчивость работы методов, оправдываемость прогнозов, области максимальных/минимальных ошибок и так далее.

На основе этих оценок формируется итоговое прогностическое значение и рекомендации к его использованию. Применяются следующие критерии проверки надежности метода и выбора лучшего из них:

- средняя и максимальная ошибка метода;
- дисперсия ошибки методических прогнозов;
- оценка оправдываемости моделей по знаку;
- оценка оправдываемости по критериям 0.67σ и 0.8σ
- оценка надежности модели;
- оценка предельной заблаговременности прогноза.

Соотношения, используемые при верификации методических прогнозов представлены в Табл. 2.2.

Таблица. 2.2. - Соотношения, используемые при верификации методических прогнозов

Название соотношения	Формула
Средняя ошибка прогноза	$Y = 1/N \sum_{i=1}^N Y_i$
Дисперсия ошибки прогноза	$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^N (y_i - y)$
Оправдываемость прогнозов по знаку	$P = n_+ / (n_+ + n_-) * 100$
Оправдываемость по критерию 0.67σ	$P = n_{0.67\sigma} / N * 100$
Оправдываемость по критерию 0.8σ	$P = n_{0.8\sigma} / N * 100$
Оценка надежности модели	$P = \sigma_y / \sigma_x$
Оценка предельной заблаговременности	$L = \ln[1 - \sigma_y(1)] / 2 \ln r$

Проведя подобную верификацию на методическом участке ряда, отбирается итоговое прогностическое значение. В данной работе право экспертного выбора итогового значения предоставлялось ПЭВМ.

Для определения возможности углубленного анализа внутренней структуры анализируемых выборок использовалась полосовая тангенсная фильтрация Баттерворта.

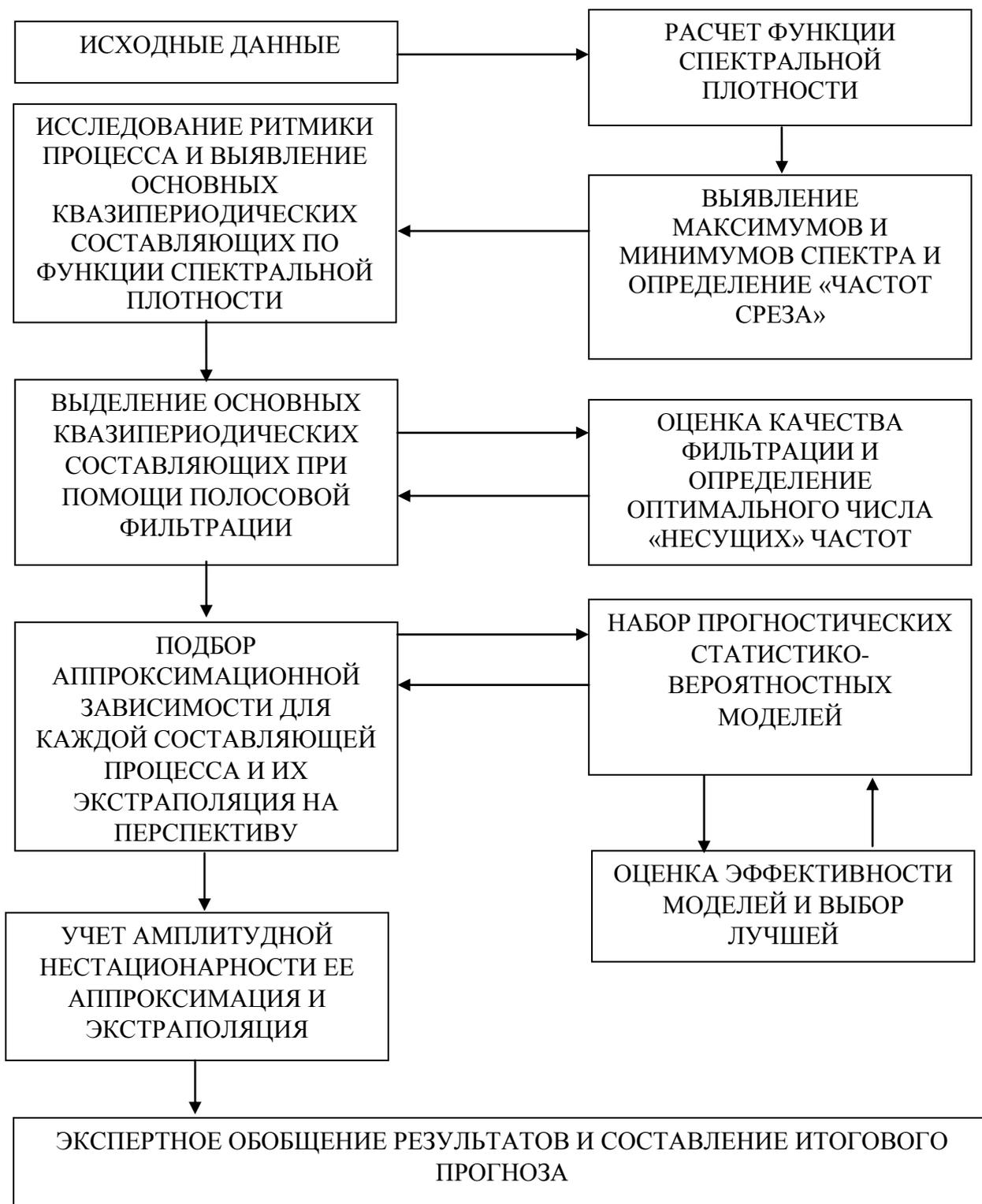


Рисунок 2.2 - Блок-схема статистико-вероятностного прогнозирования с использованием полосовой фильтрации

От приведенного выше алгоритма приведенная схема отличается наличием раздела, где проводится полосовая фильтрация и статистико-вероятностные модели применяются для аппроксимации и экстраполяции отдельных квазипериодических компонент, с последующим суммированием результатов.

Экстраполяция и процедура фильтрации выполнялись при помощи системы статистико-вероятностного прогнозирования “АСАППЛЮС”.

2.5. Выводы

Таким образом, для проведения обработки исходной информации от момента получения временных рядов до момента выдачи прогностических рекомендаций необходимо сделать следующие шаги.

1. Рассчитать первичные статистические моменты по всем временным сериям исследуемым характеристикам.
2. Определить прогностический потенциал путем расчета функции спектральной плотности.
3. Провести аппроксимацию и экстраполяцию временной изменчивости выбранной характеристики статистико-вероятностными моделями.
4. Выделить отдельные квазипериодические компоненты и оценить их вклад в общую дисперсию исследуемого параметра.
5. Провести аппроксимацию статистико-вероятностными моделями.
6. Оценить качество работы моделей и выбрать лучшую.
7. Определить возможность использования статистико-вероятностных моделей для прогнозирования промышленных характеристик [10].

3. Определение закономерностей во внутренней структуре временного ряда

В данной работе выполнены расчеты автокорреляционной функции (АКФ), функции спектральной плотности, выделение отдельных компонент временного ряда путем фильтрации. Для наглядности результатов с помощью программного обеспечения «АСАППЛЮС» построен график АКФ и функции СП.

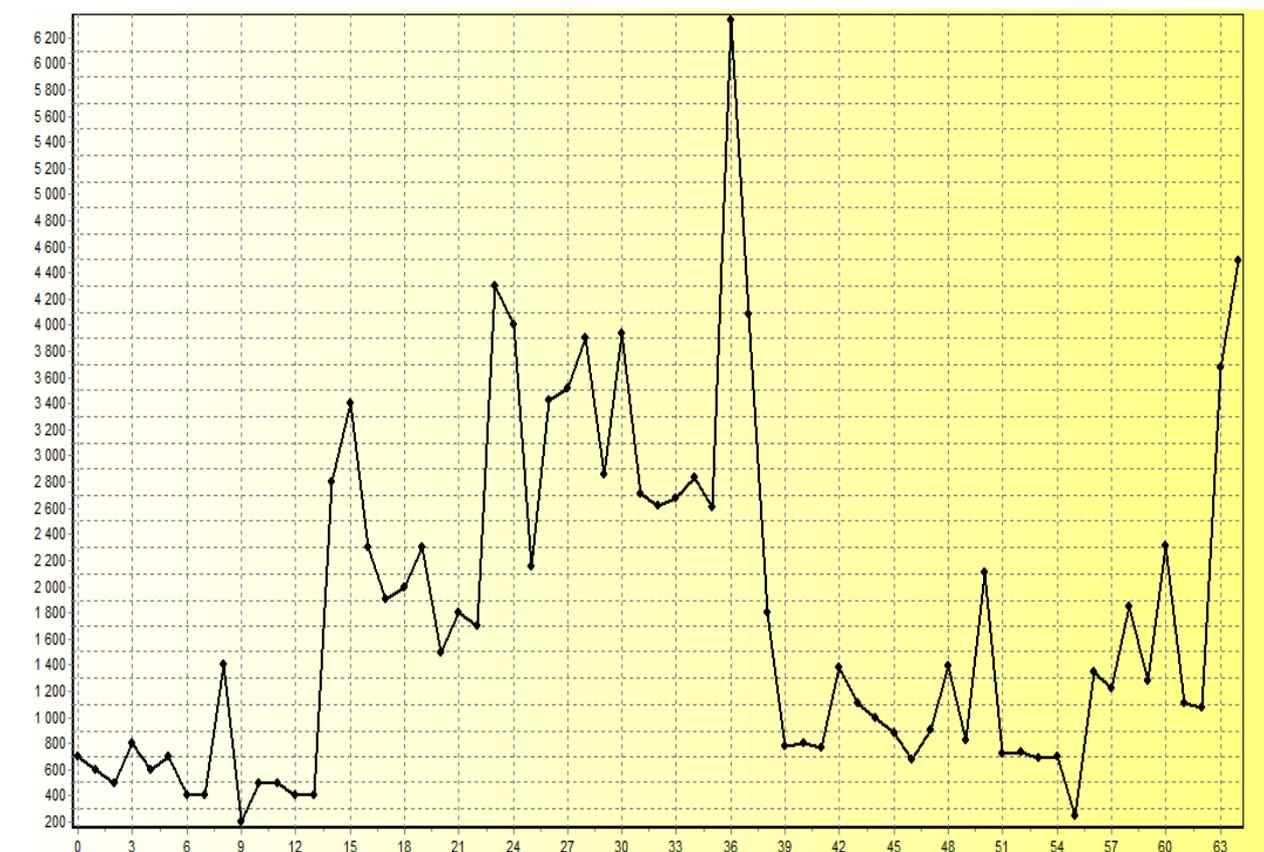


Рисунок 3.1 – Вылов лосося в Дальневосточных морях России (1950 - 2014 гг)

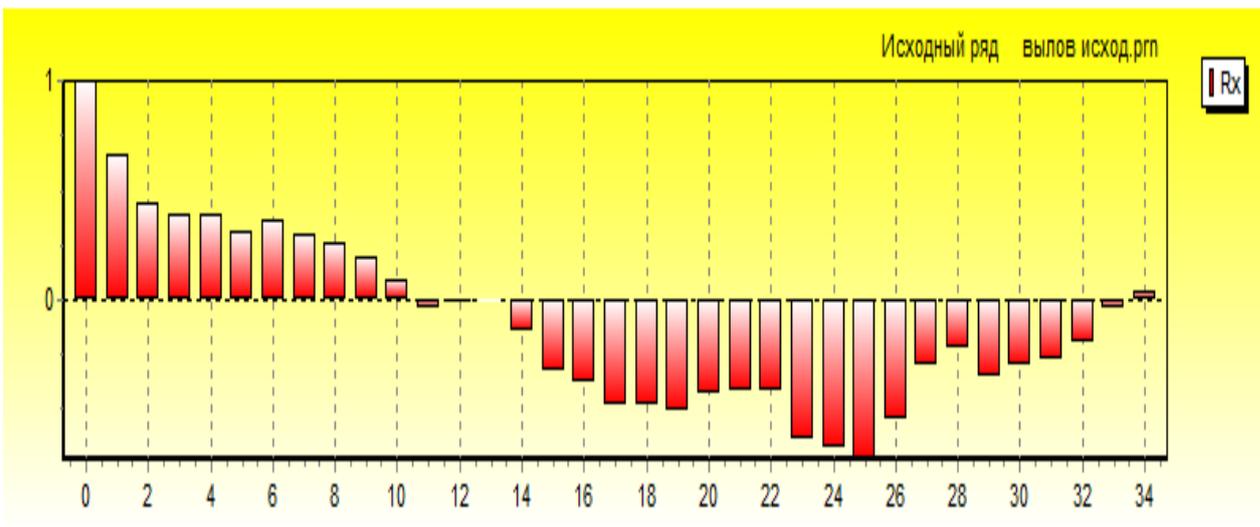


Рисунок 3.2 – Автокорреляционная функция исходного ряда

По АКФ можно определить инерционность процесса, цикличность, тип процесса и оценить вклад трендовой составляющей. Анализируя АКФ исходного ряда можно сделать вывод о том, что процесс имеет инерционный характер, четко выраженных циклов в процессе не наблюдается.

По форме АКФ представляется возможным определить тип процесса. В классификации процессов выявляются следующие:

- 1) «Белый шум». Характеризует абсолютно случайный процесс.
- 2) Простая цепь Маркова 1-го порядка. Характеризует процесс, для которого свойственна связь со своим предыдущим состоянием.
- 3) «Красный шум». Характеризует процесс с высокой инерционностью. Может отражать наличие периодичности, с периодом сравнимым с длиной ряда.
- 4) Квазигармонический процесс. Характеризует процесс с устойчивым ярко выраженным периодическим колебанием.

В исходном ряду данных по объему вылова, используемом в работе, тип процесса – «красный шум». Что опять же указывает на высокую

инерционность процесса, о которой упоминалось ранее и о возможности присутствия некой периодичности, о которой будет сказано чуть позже.

Трендовая составляющая выражена слабо, но имеет положительный характер.

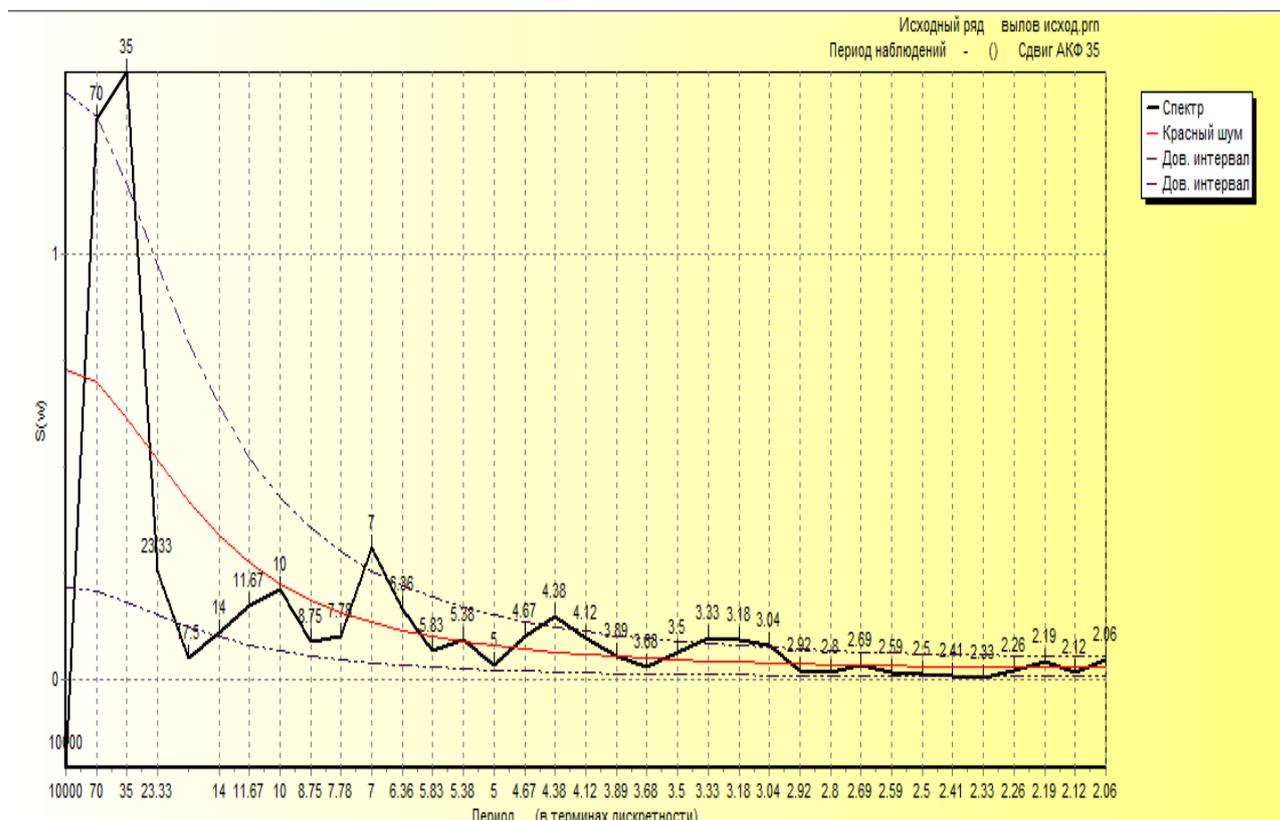


Рисунок 3.3 – Функция спектральной плотности исходного ряда

По графику функции спектральной плотности видно, что исходный ряд имеет случайный характер, то есть ряд неоднороден. Так же в исходном ряду можно выделить периодические составляющие. Более четко из них выделяются три периода: 70, 10, 7 лет. Периодичность в 70 лет может быть связана с вековой изменчивостью, периодичность в 10 лет связана с влиянием лучистой энергии на морскую среду, что естественно отражается в первую очередь на поведение рыб, в нашем случае дальневосточного лосося, а также на общий вылов. Периодичность в 7 лет может быть связана с изменениями электромагнитных колебаний.

Так как исходный ряд имеет случайный характер можно спрогнозировать вылов дальневосточного лосося вплоть до 2030 года, не изменив при этом внутренней структуры временного ряда.

Для прогнозирования за основу был выбран динамико-статистический метод, так как ранее было выявлено, что процесс носит случайный характер, а выбранный метод используется для прогнозирования такого вида процессов.

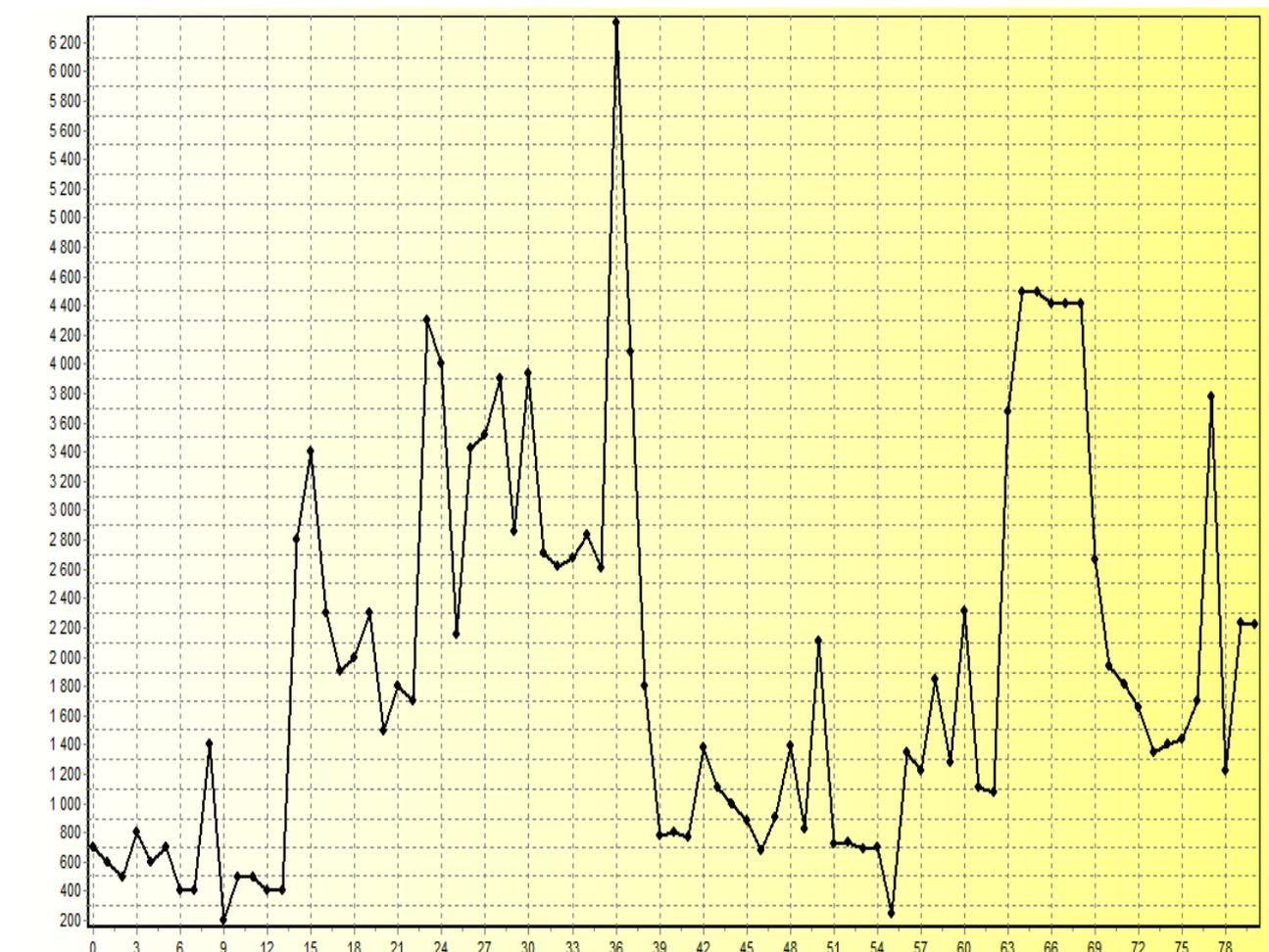


Рисунок 3.4 – Спрогнозированный вылов лосося в Дальневосточных морях России (1950-2030гг)

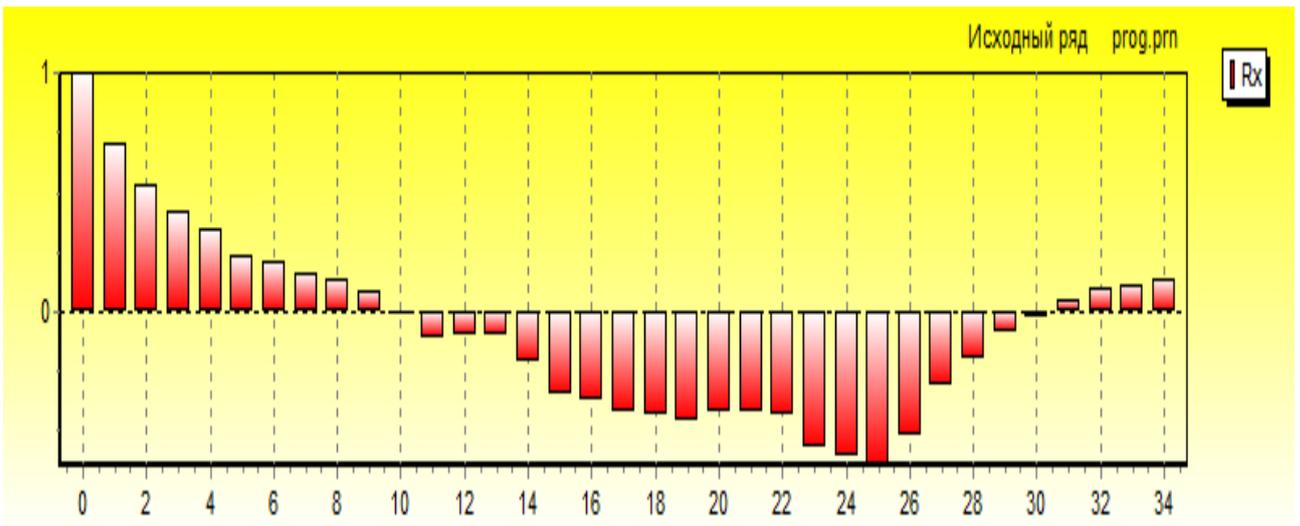


Рисунок 3.5 – Автокорреляционная функция спрогнозированного ряда

Рассчитанная АКФ по спрогнозированному ряду данных мало отличается от АКФ исходного ряда. Процесс также имеет инерционный характер, цикличности в процессе не присутствует, положительная трендовая составляющая слабо выражена.

Вышеперечисленные факторы дают нам право утверждать, что при прогнозировании использовался правильный подход и структура временного ряда не была подвергнута изменениям.

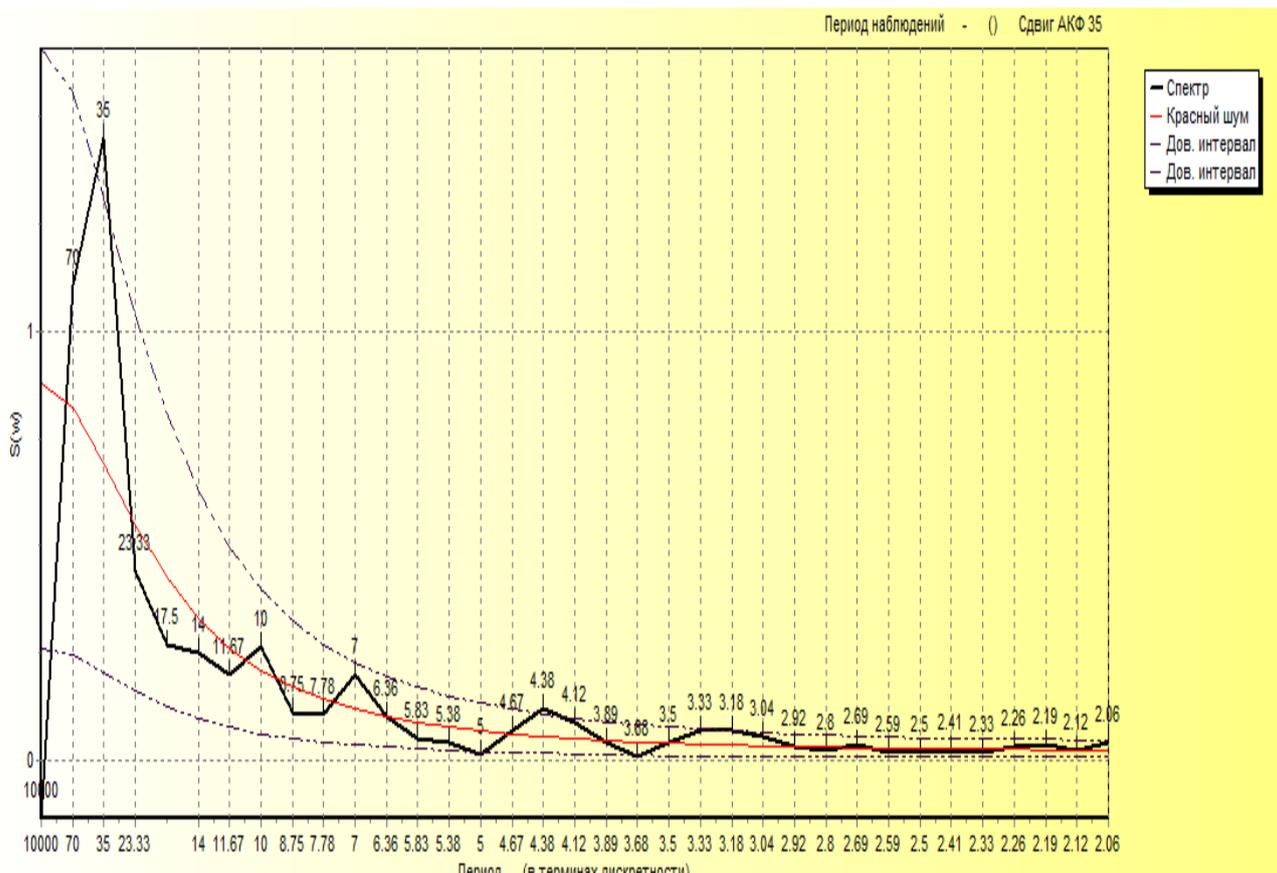


Рисунок 3.6 – Функция спектральной плотности спрогнозированного ряда

Спрогнозовав вылов дальневосточного пошагово, и построив графики автокорреляционной функции и функции спектральной плотности, видно, что внутренняя структура ряда не изменилась, то есть остались неизменными периодические составляющие, временной ряд также остался случайным по характеру. Таким образом, если структура временного ряда при прогнозировании не меняется и не меняются главные периодические составляющие, то прогнозирование данного параметра, в нашем случае улова дальневосточного лосося, с помощью статистико-вероятностных методов является целесообразным и выполнено правильно.

Для спрогнозированного ряда вылова тихоокеанского (дальневосточного) лосося была построена двумерная гистограмма:

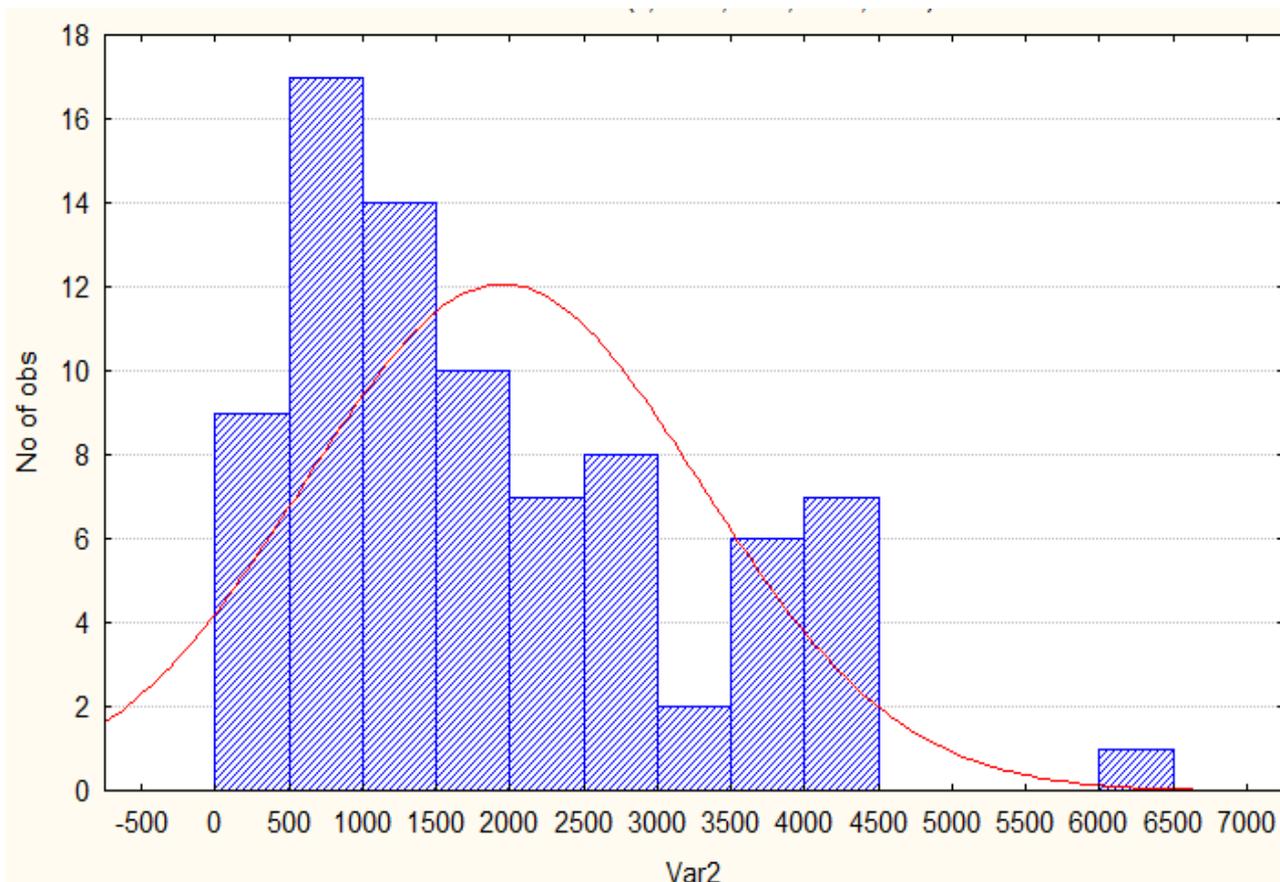


Рисунок 3.7 – Эмпирическая функция распределения для спрогнозированного статистического ряда

ЭФР определяет относительную частоту события для каждого значения временного ряда. Таким образом, анализируя, представленную гистограмму (рисунок 3.7), можно сделать следующие выводы:

- 1) Распределение исходных данных отличается от нормального закона, хотя и не существенно.
- 2) Хорошо заметно смещение оценок в левую часть диаграммы, что говорит о наличии тренда в структуре ряда вылова.
- 3) На гистограмме можно условно определить два максимума (две группы значений). Не вполне двухмодальное распределение, но, по крайней мере, некое подобие. Это может являться признаком наличия в структуре ряда циклических компонент.

4) В целом, согласно гистограмме распределения, можно сказать, что межгодовая изменчивость вылова лосося носит стохастический (случайный) характер, т.к. детерминированные компоненты (тренд, периодичность) или проявляются слабо, или отсутствуют вовсе.

3.1 Прогнозирование ряда уловов дальневосточного лосося

В данной работе использовался следующий подход: использовался исходный ряд без предварительной обработки и проводилось методическое пошаговое прогнозирование.

Спрогнозированный объем вылова будет выглядеть следующим образом:



Рисунок 3.8 – Объем вылова дальневосточного лосося с 1950-2030 гг.

При сравнении фактического временного ряда с прогнозируемым можно сделать вывод о том, что спрогнозированный временной ряд имеет положительный тренд. Максимальный объем вылова предположительно будет наблюдаться в период с 2015-2018 гг. Минимальный объем вылова

дальневосточного лосося будет наблюдаться 2023 и 2024 года, который скорее всего связан вековой изменчивостью.

Заключение

Дальневосточный лосось – один из самых ценных промысловых видов рыб. Уловы лосося уже долгое время остаются самыми большими по объему. Колебания объема вылова любого вида рыб имеют огромное народнохозяйственное значение, и потому прогнозы запасов и возможного, целесообразного вылова приобретают первостепенное значение. Так как промысел данного вида рыб, на сегодняшний день, ведет в разумных пределах не всегда, то хотелось бы разработать способ прогноза запасов и допустимых уловов дальневосточного лосося.

Целью данной работы являлось определение возможности экстраполяции биолого-промысловых характеристик с использованием методов статистического анализа и статистико-вероятностного прогнозирования.

Временные ряды биологических и промысловых характеристик, в рассмотренной работе, обладают своей спецификой, которая проявляется в методах их обработки и прогнозирования, тем не менее, ряд наблюдений пошагово был спрогнозирован вплоть до 2030 года на основе динамико-статистического метода экстраполяции.

Для получения корректного прогноза и оценки прогностического потенциала было необходимым исследовать особенности внутренней структуры исходного ряда, с помощью анализа АКФ и функции СП.

Если исходный статистический ряд не отличается по характеру распределения и особенностям структуры от спрогнозированного ряда, то можно сделать вывод о том, что у ряда случайных величин исходного ряда присутствует прогностический потенциал.

При анализе рассчитанной АКФ и функции СП существенных отличий, во внутренней структуре исходного и спрогнозированного рядов, обнаружено не было, из чего стоит сделать вывод о том, что у исходного ряда присутствует

прогностический потенциал и прогноз будет выполнен корректно, будет обладать высокой точностью.

В исходном и спрогнозированном рядах данных были выявлены периодические составляющие. Вековая изменчивость, которая может быть вызвана действием внешних факторов (колебания климата) или автогенетических механизмов. Также изменчивость, вызванная влиянием лучистой энергии, в основе которой лежат те или иные химические или физические изменения, происходящие в клетках морских организмов, в данном случае дальневосточного лосося, и в окружающей среде. И малая периодическая составляющая, в 7 лет, связанная с изменчивостью в электромагнитных колебаниях.

Согласно двумерной гистограмме распределения, можно сказать, что межгодовая изменчивость вылова тихоокеанского (дальневосточного) лосося носит стохастический (случайный) характер, т.к. детерминированные компоненты (тренд, периодичность) или проявляются слабо, или отсутствуют вовсе.

По итогам прогнозирования можно констатировать:

1. Цель работы достигнута. Определена принципиальная возможность прогнозирования величины уловов дальневосточного лосося статистическими методами.
2. Согласно сверхдолгосрочного прогноза, максимум улова можно ожидать 2015-2018 гг, после чего будет наблюдаться заметный спад объема уловов дальневосточного лосося. Затем после 2026 года ожидается нормализация улова.

Список литературы

1. Образовательные статьи «Лососеобразные» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://refsurf.ru/3881590470.html>
2. Проект «Сохраним лосося вместе!» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://salmon-friend.ru/spravochnik/vzroselaya-versiya-spravochnika.html?showall=&start=3>
3. Лаборатория компьютерных технологий ДВГИ ДВО РАН. Статья «Горбуша» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.fegi.ru/PRIMORYE/SEA/fish1_6.htm
4. «Жизнь животных. Рыбы. Том 4. Часть 1» [текст] – Под редакцией Л. А. Зенкевича - Москва: Просвещение, 1971 – 533 с.
5. Лаборатория компьютерных технологий ДВГИ ДВО РАН. Статья «Сима» / [Электронный источник] – Режим доступа: http://www.fegi.ru/PRIMORYE/SEA/fish1_4.htm
6. «Рыбы мира» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.fishing-club.ru/1rus-fish/rusfish-sem-lososevnerka.htm>
7. Энциклопедия рыбалки. Статья «Лосось» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fishingwiki.ru/%D0%9B%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%8C>
8. Энциклопедия рыболова и охотника. Статья «Особенности нереста лососевых» / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fishinggold.ru/ribi/nerest-u-rb/nerest-lososya.html>
9. «Жизнь тихоокеанских лососей» [текст] - Ф. Н. Рухлов, 1982 – 22 с.
10. Методы обработки и анализа океанологической информации. Многомерный анализ: Учебное пособие [текст] - П. А. Вайновский, В. Н. Малинин - СПб.: Изд. РГТМИ, 1992.- 96 с.