

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АЛЬТМАН Юрий Симхович

УДК 639.2.053.8(261)

МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ И ПРОГНОЗА ПРОМЫСЛОВО-  
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Специальность II.00.08 - океанология

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Ленинград - 1987 г.

Работа выполнена в Атлантическом научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии (АтлантиИРО) Минрыбхоза СССР.

Научный руководитель: доктор географических наук В.Н.Яковлев

Официальные оппоненты: доктор географических наук В.Р.Фукс  
кандидат географических наук А.В.Шевченко

Ведущая организация: Всесоюзный научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Защита состоится "12" января 1988 года в 11 час. 00 мин. на заседании специализированного ученого совета Д 063.19.01 при Ленинградском гидрометеорологическом институте по адресу: 195195 г. Ленинград, Малоохтинский пр., д.93.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛДМИ.

Автореферат разослан "9" декабря 1987 года.

*Л.Н.Карлин*

Л.Н.Карлин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Промыслово-океанологические прогнозы различной заблаговременности (от краткосрочных на несколько суток до перспективных - на несколько лет) составляют основу научного управления биоресурсами мирового океана. Для разработки и реализации эффективных методов этих прогнозов необходима комплексная информация промышленного, биологического, океанографического и другого содержания.

Однако, совместные, согласованные во времени и пространстве, комплексные (океанологические, биологические и промышленные) наблюдения систематически ведутся сравнительно недавно. Чаще информация разрозненна, носит эпизодический характер, имеется не для всех районов и объектов промысла. Следовательно, для ее анализа и прогноза требуется применение разнообразных методов, предусматривающих нередко определение первоначальных или восстановленные сопутствующих характеристик и самих изучаемых параметров.

Одним из перспективных направлений развития такого рода методов анализа и прогноза в общем и для промысловых целей в частности, следует считать математическое моделирование. По оценкам советских и зарубежных специалистов только математических (формализованных) методов (приемов) прогнозирования насчитывается более 150. При этом не учитываются методы предварительного анализа и классификации по обуславливающим признакам и выделения значимых взаимосвязей между ними.

С одной стороны, такое количество математических методов моделирования и прогнозирования кажется избыточным. Но с другой стороны, получение модели исходного объекта или процесса не есть самоцель, так как использование широкого класса методов служит лишь средством получения прогнозной информации, которая и является конечной целью. В следствие этого "экономия" в их использовании не

ВНИРО  
№ Д 214  
Библиотека

оправдана. Лишь широкий выбор математических методов и моделей и их совершенствование позволит повсичить точность и адекватность прогнозов.

Целью настоящей работы служит повышение оправдываемости и эффективности промыслово-океанологических прогнозов различной за-благовременности, при существующем информационном обеспечении, за счет совершенствования их методического и математического аппарата.

#### Научная новизна

1. Расширен и доработан математический аппарат и расчетная схема двух статистико-вероятностных методов однофакторного прогноза - метода гармонического взвешивания и метода экспоненциального сглаживания и разработана методика их использования для прогноза промысловых и гидрометеорологических факторов.

2. Разработана методика автоматической классификации промыслово-океанологических характеристик в обычном евклидовом пространстве, во времени и в  $n$ -мерном фазовом пространстве. Методика, разработанная для целей прогнозирования, может использоваться также для задач районирования и типизации промыслово-океанологических характеристик и, в этом плане, имеет самостоятельную ценность при анализе и изучении этой информации.

3. Разработан новый комплексный метод прогноза промыслово-океанологических характеристик на основе совместного использования методики автоматической классификации (кластер-анализ) для выявления оптимальной структуры исходной информации (оптимальных предикторов и периодов основания и заблаговременности прогноза) и модернизированной схемы вероятностного оценивания в многомерном фазовом пространстве. Используемая при этом модернизированная схема вероятностного оценивания, в отличие от исходной, основана на вновь введенной мере элементарной вероятности, учитывающей не

только дисперсионные отношения, но также коэффициент среднегармонического взвешивания и информационные связи между предикторами и предиктантом. Кроме того, сформированная соответствующим образом исходная информация позволяет рассчитывать на прогноз не в 2-3-х мерном фазовом пространстве, а в пространстве с размерностью, соответствующей размерности исходной информации.

Практическая ценность. Разработанные методики использовались и могут использоваться в дальнейшем для:

- типизации (классификации) промысловых и океанологических элементов в различных районах Мирового океана;
- создания на основе комплексного метода прогнозирования методик прогноза различных промыслово-океанологических характеристик; получения более точных (по сравнению с другими методами) прогнозов различных промыслово-океанологических характеристик, дающих значительный экономический эффект;
- определения оптимальных предикторов при реализации прогноза, а также оптимальных периодов предистории и заблаговременности прогноза.

Полученные в данной работе результаты реализованы в виде программы для ЭВМ и внедрены в оперативную практику промыслового прогнозирования АтлантНИРО, Управления "Запробпромразведка" ВРПО "Запроба" (г.Калининград) и ТИПРО (г.Владивосток).

Апробация работ. Результаты работы докладывались на:

- IV Всесоюзной конференции по промысловой океанологии (Мурманск, 1978);
- V Всесоюзной конференции по промысловой океанологии (Калининград, 1979);
- Всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов "Научно-технический прогресс и молодежь" (Калининград, 1981);
- Научно-практической конференции по методам промыслового

прогнозирования (Мурманск, 1983);

- Всесоюзном совещании по ледовым прогнозам и расчетам (Ленинград, 1984);

- II Всесоюзном совещании по проблемам краткосрочного промышленного прогнозирования и управления флотом на промысле (Калининград, 1985);

- VII Всесоюзной конференции по промышленной океанологии (Астрахань, 1987).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в:

- журналах (2) Рыбное хозяйство, Океанология;

- сборниках (21) Антарктика, труды ВНИРО, труды АтлантНИРО, Доклады АН СССР, труды Географического общества СССР, труды различных Всесоюзных конференций и совещаний;

- а также Методические рекомендации по использованию метода автоматической классификации в промышленно-океанологических исследованиях (Калининград, АтлантНИРО, 1985);

- Методические рекомендации по прогнозированию промышленно-океанологических характеристик некоторыми статистико-вероятностными методами (Калининград, АтлантНИРО, 1985).

Всего опубликовано по теме диссертации 25 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из Введения, пяти глав и Заключения. Объем диссертации 142 страницы основного текста, 14 рисунков. Список литературы содержит 178 наименований.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во Введении обосновывается актуальность темы, формируется цель исследования и кратко излагается содержание работы.

Первая глава посвящена анализу использования статистико-вероятностных методов при прогнозе промышленно-океанологических характеристик. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны их использования, границы и возможности применения. Проанализирова-

ны основные подходы к прогнозированию промышленно-океанологических характеристик.

Критически рассмотрены основные возражения против использования статистико-вероятностных методов.

Проанализированы следующие принципиальные подходы к методологии промышленного прогнозирования. Первый - аналитический, характеризуется тем, что описываются не только и не столько количественные изменения параметров, но и функционально-структурные, качественные связи между ними. Второй - статистико-вероятностный, ориентирован на достижение конкретных целей в конкретных ситуациях, т.е. не вдаваясь в функционально-структурное описание, оценить количественные изменения компонентов (параметров) изучаемой системы. Данная работа ориентирована на использование статистико-вероятностных методов, поэтому в рамках этого подхода проведен краткий обзор и анализ наиболее употребляемых в настоящее время методов, реализующих этапы анализа исходных данных и построения прогнозных моделей. Дана краткая оценка возможности и необходимости их применения. Выделены основные направления использования этих методов в промышленном прогнозировании. Это, ограниченный по количеству используемых методов, но наиболее распространенный - автопрогноз, т.е. прогноз в одномерном фазовом пространстве (однофакторный прогноз) на основе только лишь предистории самого прогнозируемого фактора (предиктанта). Второе направление - прогноз, учитывающий целый комплекс влияющих и сопутствующих факторов (предикторов).

В данной работе предпринята попытка методической разработки обоих направлений. При реализации первого направления (однофакторный случай) разработана применительно к промышленно-океанологическим характеристикам методика прогноза на основе модифицированных автором методов гармонического взвешивания и экспоненци-

ального сглаживания. Ранее эти методы в промыслово-океанологическом прогнозировании практически не применялись. Для реализации второго направления (многофакторный случай) разработан новый комплексный метод прогноза, основывающийся на совместном использовании метода кластер-анализа и модифицированного автором метода вероятностного оценивания.

При отработке полученных результатов проведено более  $4 \cdot 10^6$  вариантов расчетов на ЭВМ.

Во второй главе представлена методика прогноза промыслово-океанологических характеристик методами гармонических весов и экспоненциального сглаживания, а также примеры ее реализации.

В § I показано, что оба метода могут использоваться в случае существенной нестационарности временных рядов промыслово-океанологических характеристик.

Расчетная схема метода гармонического взвешивания реализована в виде трех этапов. Первый этап соответствует расчетной схеме, предложенной Хельвигом Э. Эта схема традиционно использовалась для экономической информации и ее использование для промыслово-океанологических характеристик не дает положительного результата в силу их значительной изменчивости. Поэтому схема расчета расширена (модифицирована) за счет дополнительно введенных второго и третьего этапов. На втором этапе вводится функционал:

$$Q = \begin{cases} 1, & \text{при } f(t) - f(t-1) \geq 0 \\ -1, & \text{при } f(t) - f(t-1) < 0 \end{cases}$$

позволяющий учитывать изменчивость (знак изменения прогнозируемой характеристики) исходного ряда при расчете прогнозных значений. На третьем этапе реализуется схема постоянного изменения предьстории процесса за счет включения в предьсторию результата прогноза на предыдущем шаге.

Метод экспоненциального сглаживания имеет много общего с методом гармонического взвешивания. Применение этого метода в традиционно предлагаемом виде для прогноза промыслово-океанологических характеристик не оправдывается из-за того, что не реализуется смена тенденций возрастания или убывания предиктанта на прогнозируемый период. В определенной степени этот недостаток снимается предлагаемой модернизацией расчетной схемы метода. Расчетная схема реализуется в два этапа. Первый этап - обычная схема экспоненциального сглаживания Брауна-Мейера. Второй этап полностью соответствует третьему этапу расчетной схемы для метода гармонического взвешивания и разработан из тех же предпосылок.

В § 2 приведены примеры реализации прогнозов промыслово-океанологических характеристик указанными методами.

1. Прогноз общего вылова за судо-сутки, вылова хека и ставриды (в % от общего вылова) по данным за каждые сутки с 13 января по 29 апреля 1974 г. по району Юго-Восточной Атлантики (по данным "Запробпромразведки"). Прогноз осуществлялся с заблаговременностью от 1 до 30 суток на период с 30 апреля по 29 мая 1974 г. При прогнозе уловов методами гармонических весов и экспоненциального сглаживания с периодами заблаговременности в 1+10 суток оправдываемость (в пределах 20% амплитуды изменения) составляла 75-95%, а в отдельных случаях достигала 100%.

2. Прогноз среднедекадных значений температуры воды на поверхности и ее аномалий с 1953 по 1958 гг. по данным корабля погоды С в Северной Атлантике. При заблаговременности прогноза в 1 декаду оправдываемость прогноза достигала 100% (в пределах 20% от амплитуды изменения прогнозируемых рядов) как для температуры, так и для ее аномалий.

В целом оба метода показали себя более пригодными для прогноза температуры и ее аномалий, чем при прогнозе промысловых пока-

зателей, т.к. структура рядов температуры более объективно отражается с помощью натуральных измерений и в силу более закономерного характера изменения природных явлений.

В главе 3 рассматривается методика автоматической классификации промыслово-океанологических характеристик и примеры ее реализации.

В § I представлена расчетная схема процедуры автоматической классификации, основанная на использовании иерархического алгоритма кластер-анализа. Алгоритм предусматривает использование 8 различных мер взаимосвязи. Эти меры позволяют выделить группы (классы) факторов (или их признаков), однородных между собой в смысле:

- 1) принадлежности к одной и той же статистической выборке (информационные меры по Кульбаку и Валю);
- 2) по тенденции изменчивости в пространстве и времени (корреляция);
- 3) по формированию сгущений в евклидовом пространстве (евклидова метрика и два вида потенциальных функций);
- 4) по наличию какой-либо статистической связи (коэффициенты Чупрова и Пирсона).

Для оценки момента остановки процедуры классификации и определения границ выделенных классов введена методика расчета порогового значения остановки. Порог определяется, исходя из локального максимума функции изменчивости меры взаимосвязи на каждом шаге процедуры классификации.

В § 2 рассмотрена непосредственно методика автоматической классификации различных по структуре и характеру промыслово-океанологических характеристик.

1. Классификация среднедекадных полей температуры воды на поверхности в 43 точках в Юго-Восточной Атлантике за период с мая

1974 г. по июнь 1975 г. Выделены три устойчивых класса, отождествляемых с водными массами: холодный прибрежный южный, промежуточный и теплый океанический.

2. Классификация материалов, собранных в научно-поисковых экспедициях АтлантНИРО и Управления "Запробпромразведка" на БМРТ "Салехард" (декабрь 1979 г. - апрель 1980 г.), НИС "Эврика" (декабрь 1980 г. - апрель 1981 г.) и РТМС "Вольный ветер" (январь-май 1983 г.) в Юго-Восточной Атлантике и атлантическом секторе Южного океана. При этом решены следующие задачи:

- а) классификация непрерывных измерений температуры воды на поверхности;
- б) классификация срочных гидрометеорологических наблюдений (по пяти элементам);
- в) классификация содержания хлорофилла на поверхности, а также совместная классификация содержания хлорофилла и температуры воды на поверхности.

Для всех задач полученные результаты классификации имели достоверное океанологическое объяснение.

3. Классификация среднемесячных температур воды на поверхности и воздуха, разности этих температур, давления воздуха и скорости ветра по сто одному  $5^{\circ}$  квадрату ( $40^{\circ}$ с.ш.- $0^{\circ}$ ) в Северной Атлантике за 1957-1971 гг. Данные получены в МО ВНИИТМИ-МЦД. Выделены теплые, холодные и промежуточные сезоны (классификация во времени) и группы квадратов, образующих однородные пространственные классы.

В главе 4 рассматривается разработанный при участии автора комплексный метод прогноза (КМП) промыслово-океанологических характеристик и примеры его апробации.

В § I показана расчетная схема метода, заключающаяся в совместном использовании кластер-анализа для выбора оптимальных пара-

метров прогнозирования и вероятностного оценивания в многомерном пространстве этих параметров при непосредственной реализации прогноза.

С помощью кластер-анализа (методика описанная в главе 3) определяются оптимальные для прогноза предикторы, входящие в один класс с предиктантом, а также выбираются оптимальные периоды предистории и заблаговременности (упреждения) прогноза.

На основе оптимизированной таким образом информации и производится расчет прогностических значений предиктанта методом вероятностного оценивания.

Сущность внесенных автором дополнений заключается в следующем.

Исходная информация о предикторах задается в виде набора из векторов  $X_i$  со значениями (координатами)  $x_{i1}, \dots, x_{im}$ , где  $i = 1 + n$ . Для них задаются значения прогнозируемого параметра  $Z_i$ .

Необходимо спрогнозировать значение  $Z_{n+1}$  при заданных значениях  $X_{n+1}$ .

Вместо используемой вероятностной меры  $P_{sj}$  автором введено выражение:

$$P_{sj} = \frac{\theta_{1sj}}{R_{sj}} \frac{d_s - d_{sj}}{(n_s - 1) d_s} + (\theta_{2sj} + \rho_{sj} + W_{sj}^*) \frac{Z_j}{R_{sj} Z_s}$$

где  $\theta_{1sj}$  и  $\theta_{2sj}$  - соответственно уровни влияния фактора расстояния и фактора значения предиктанта  $Z_j$  с заданными координатами  $X_s$  принадлежащих к  $s$ -й гиперсфере, на прогнозируемое значение параметра  $Z_{n+1}$  с заданными координатами (предикторами)  $X_{n+1}$ .

$d_{sj}, \rho_{sj}, W_{sj}^*$  - соответственно расстояние (евклидова метрика), коэффициент информационной меры расхождения (по Кульбаку) и среднегармонический прирост координат точки  $X_j$  принадлежащей  $s$ -той гиперсфере, относительно координат точки  $X_{n+1}$ . Значение  $R_{sj}$  рассчитывается:

$$R_{sj} = \theta_{1sj} + \theta_{2sj} + \rho_{sj} + W_{sj}^*$$

Введение новой меры позволяет полнее использовать присущие промыслово-океанологическим характеристикам особенности (за счет учета коэффициентов  $\rho$  и  $W^*$ ).

Кроме того существенную роль в использовании данного метода играют, разработанные нами принципы формирования исходной информации (вектора  $X$  и  $Z$ ), что позволяет получать прогноз не в двух-трехмерном фазовом пространстве, а в  $n$ -мерном (равном размерности векторов  $X$ ).

В качестве значений векторов  $X$  берется набор выделенных при классификации промыслово-океанографических характеристик - предикторов. Каждая из характеристик этого набора представлена рядом наблюдений (с фиксированной дискретностью) за период, равный периоду предистории, выделенному при классификации. И наконец, в качестве  $Z$  используются известные значения прогнозируемой характеристики (предиктанта), но взятые со сдвигом (по отношению к предикторам), равным заблаговременности прогноза, выделенной при классификации.

Предлагаемый метод позволяет реализовать прогноз в трех вариантах:

- автопрогноз, учитывающий лишь предисторию самого предиктанта;
- прогноз, учитывающий влияние лишь внешних факторов (предикторов), без учета предистории предиктанта;
- прогноз, учитывающий совместно предисторию предикторов и предиктанта.

Необходимо отметить некоторые особенности выбора базовых периодов прогноза. При совместной классификации всех элементов во времени выбирается обобщенный период предистории сразу для всех

характеристик одного класса. Он может отличаться от индивидуальных периодов каждой из характеристик. Лучший прогноз достигается, когда обобщенный период приближается к индивидуальному периоду предистории предиктанта.

В § 2 представлены разработанные на основе КМП конкретные методики прогноза океанологических характеристик.

1. Методика прогноза среднемесячного положения кромки льда в Атлантическом секторе Южного океана (от 75° в.д. по 40° в.д.). Предикторы – само положение кромки льда и среднемесячные значения температуры воздуха и давления на 13 станциях за период с октября 1979 г. по декабрь 1983 г. Оптимальная заблаговременность прогноза определена в 1, 3, 6 и 12 месяцев. Оптимальная предистория – 3, 6, 12 и 18 месяцев.

При соблюдении результатов классификации по учету оптимальных параметров получена весьма высокая оправдываемость ледовых прогнозов: автопрогнозов 70–90%, при учете инерции кромки льда и внешних (метеорологических) факторов 80–100%. Построение прогноза на неоптимальных параметрах приводит к резкому снижению оправдываемости.

2. Методика прогноза среднемесячных значений меридональных и широтных градиентов приземного атмосферного давления по 5 и 10° квадратам в западной части Атлантического сектора Антарктики. При выделенных оптимальных предикторах, периодах предистории (от 24 до 50 месяцев) и заблаговременности (1–2 месяца) оправдываемость полученных прогнозов составила 75%, а при заблаговременности 12 и 18 месяцев не менее 60%.

3. Методика прогноза океанологических характеристик на 15 многосуточных станциях в отдельных точках Северной Атлантики, измеренных с дискретностью в 2 и 3 часа. При оптимальных исходных условиях (периоды предистории в 1–4 суток и внутрисуточной за-

благовременности в 12 и 24 часа) наибольшая оправдываемость прогноза в 90–100% получена для максимального вертикального градиента температуры воды в слое термоклина, температуры воды на оси термоклина и на верхней границе термоклина. При прогнозе глубины залегания оси термоклина и плотности воды на поверхности оправдываемость составила 65–92%.

В § 3 рассмотрены разработанные на основе КМП методики промысла кальмара в Юго-Западной Атлантике и прогноза промысла сайры в Кюно-Курильском районе.

Для промысла кальмара получены следующие результаты. Предиктант – суточный вылов кальмара. Возможные предикторы – показатели атмосферной циркуляции: среднее по разным зонам Юго-Западной Атлантики атмосферное давление, зональный и меридиональный индексы Каца. Оптимальные предикторы – зональный индекс Каца и среднее атмосферное давление над исследуемым районом. Реальная заблаговременность прогнозов от 1 до 7 суток, оптимальная заблаговременность – 1 сутки. Оптимальный период учета предистории предиктанта и предикторов равен 45–60 суткам. Проверка метода осуществлена на 45 прогностических реализациях. При автопрогнозах оправдываемость плавно уменьшается от 80 до 65% с увеличением заблаговременности от 1 до 7 суток. Прогнозы вылова кальмара, основанные на учете внешних факторов (зональный индекс и среднее давление) имеют оправдываемость от 75 до 60%. Совместный учет предистории предиктанта и предикторов повышает оправдываемость прогнозов с заблаговременностью 1 сутки до 85%; при дальнейшем увеличении заблаговременности заметного повышения оправдываемости по сравнению с автопрогнозами не отмечено. При несоблюдении выбранных оптимальных параметров прогнозирования метод неприемлем.

Для промысла сайры получены следующие результаты. Предиктанты – показатели промысла сайры в Кюно-Курильском рай-



оне: среднемесячные значения общего вылова сайры и вылова на усилие (ловушку) за каждый месяц промыслового сезона с июля по октябрь, а также сроки начала и конца промысла за 1963-1983 гг. Оптимальные предикторы - среднемесячные значения температуры воды на ГМС Курильск и Южно-Курильск, а также температуры воздуха на ГМС Крильон. Максимально возможная заблаговременность промысловых прогнозов 3 года, оптимальная заблаговременность - 1 год. Оптимальный период учета предыстории предиктанта и предикторов равен 9 годам. Ни автопрогноз, ни прогноз только по оптимальным гидрометеорологическим предикторам нельзя признать достаточно надежным: из восьми разновидностей прогнозов лишь один вариант дал оправдываемость несколько большую 70%. Однако совместный учет предшествующих промысловых и оптимальных гидрометеорологических условий привел к убедительным положительным результатам с оправдываемостью прогнозов от 85 до 100%. Отклонения от результатов классификации по выбору оптимальных параметров прогнозирования немедленно влечет за собой резкое ухудшение оправдываемости промысловых прогнозов.

В § 4 кратко сформулированы итоги реализации КМП, а также преимущества методики прогноза промыслово-океанологических характеристик, разработанных на основе его использования. В целом основой прогнозирования служит обязательный выбор комплекса оптимальных параметров (предикторов, предыстории и заблаговременности). Кроме того, принципиальным достоинством метода является отсутствие жесткой привязки к конкретным аналитическим представлениям каких-либо функций, описывающих исследуемый процесс, возможность нелинейного влияния и различного рода (корреляционные, метрические и информационные) взаимосвязей между предикторами и предиктантом. Отмечены высокие адаптационные возможности методики прогноза, разработанных на основе КМП. Например, при прогнозе вылова

кальмара легко улавливалась изменчивость учета оптимальной предыстории от 48 до 60 суток.

В главе 5 проведен сравнительный анализ результатов полученных на основе КМП с результатами ряда традиционных методов.

Расчетные модели были реализованы на основе следующих методов: методы гармонического взвешивания и экспоненциального сглаживания; метод однофакторной линейной регрессии; метод многофакторной линейной регрессии; динамико-статистический (метод Алехина). По КМП для сравнения взяты два варианта: с учетом только предыстории предиктанта (автопрогноз) и с учетом всех оптимальных предикторов. В качестве исходных данных использовалась информация по прогнозам промысла кальмара, сайры, а также положения кромки льда, описанных в главе 4. В результате оправдываемость прогнозов, полученных на основе КМП на 10-40% выше оправдываемости прогнозов, полученных остальными методами несмотря на то, что для всех используемых методов формировались (на основе кластер-анализа) оптимальный период предыстории и заблаговременность прогноза. Таким образом, лишь совместный учет таких факторов как целенаправленное формирование структуры исходной информации и использование целого комплекса мер связанности (в виде меры элементарной вероятности) в  $n$ -мерном фазовом пространстве позволило значительно повысить оправдываемость прогнозов и говорить о КМП как о новом методе.

В Заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

I. Модифицирована расчетная схема методов гармонического взвешивания и экспоненциального сглаживания и разработана методика их использования для прогноза промыслово-океанологических характеристик.

2. Разработана методика объективной автоматической классификации промыслово-океанологических характеристик. Разработанная методика может использоваться как для целей прогнозирования (выделение оптимальных предикторов и периодов предьстории и заблаговременности прогноза), так и для районирования и типизации промыслово-океанологических характеристик.

3. Разработан и внедрен комплексный метод прогноза промыслово-океанологических характеристик на основе совместного использования методики автоматической классификации и модифицированной схемы вероятностного оценивания в многомерном фазовом пространстве.

4. Проведена классификация:

- а) декадных полей температуры воды на поверхности в Юго-Восточной Атлантике;
- б) судовых гидрометеорологических наблюдений в Южном океане;
- в) гидрометеорологических характеристик по сто одному  $5^{\circ}$  квадрату в Северной Атлантике.

5. Разработаны и реализованы (на основе КМП) методики прогноза океанологических характеристик:

- среднедекадных положений кромки льда в Атлантическом секторе Южного океана;
- среднемесячных значений меридиональных и широтных градиентов атмосферного давления по 5 и  $10^{\circ}$  квадратам в западной части Атлантического сектора Антарктики;
- гидрометеорологических характеристик по 15 многосуточным станциям в Северной Атлантике.

6. Разработаны и реализованы методики прогноза (на основе КМП) промысловых характеристик:

- вылова за судо-сутки кальмара в районе Юго-Западной Атлантики;

- среднемесячного общего вылова, вылова на усилие за каждый месяц промысла, а также сроков начала и конца промысла сайры в Южно-Курильском районе.

7. Проведен сравнительный анализ прогнозов, полученных на основе различных методов: КМП, гармонического взвешивания, экспоненциального сглаживания, линейной однофакторной и многофакторной регрессии, динамико-статистического метода АLEXИНА. На примере прогнозов положения кромки льда, промысла сайры и кальмара оценены преимущества использования КМП, выраженные в более высокой степени оправдываемости получаемых прогнозов (на 10-40%) и большей их устойчивости и стабильности.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах

1. Альтман Ю.С. Возможность применения метода кластер-анализа с учетом пороговых значений для классификации и оценки изменчивости гидрометеорологических и промысловых параметров // Всесоюз. конф. молодых ученых и специалистов "Научно-технический прогресс и молодежь": Тез. докл., г. Калининград, 10-15 мая 1981 г. - Калининград, 1981. - С.134-135.

2. Альтман Ю.С. Совершенствование метода вероятностного прогноза океанологических и промысловых элементов в многомерной области // Всесоюз. конф. молодых ученых и специалистов "Науч.-техн. прогресс и молодежь": Тез. докл., г. Калининград, 10-15 мая 1981 г. Калининград, 1981. - С.132-133.

3. Альтман Ю.С. Сравнительный прогноз вылова кальмара в Юго-Западной Атлантике различными методами // Тез. докл. УП Всесоюз. конф. по промысловой океанологии, г. Астрахань, 19-21 мая 1987 г. - Астрахань, 1987. - С.225-226.

4. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Возможность классификации океанологических процессов с помощью кластер-анализа // Вопросы про-

мисловой океанологии Мирового океана: Тез. докл. У Всесоюз. конф., г. Калининград, 23-25 окт. 1979 г. - Калининград, 1979. - С. 162-163.

5. Яковлев В.Н., Полищук М.И., Альтман Ю.С. К методике краткосрочного вылова кальмара в Юго-Западной Атлантике // Экологические исследования в Атлантическом океане и Юго-Восточной части Тихого океана: Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыбн. хоз-ва и океанографии. - 1987. В печати.

6. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С., Шатилина Т.А. К методике прогнозирования основных показателей промысла сайры в районе Южно-Курильских островов // Океанология. - 1986. - Т. 26, вып. 4. - С. 698-702.

7. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Классификация гидрометеорологических элементов в море Скотия // Океанологические факторы в промышленном прогнозировании: Сб. науч. тр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1984. - С. 61-66.

8. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Классификация гидрометеорологических элементов в Юго-Восточной Атлантике в теплое полугодие 1983 г. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. - М., 1985. - Т. 3. - С. 78-83.

9. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Классификация гидрометеорологических элементов в Южном океане // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. - М., 1985. - Т. 1. - С. 233-245.

10. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С., Коващенко Л.Н. Классификация и прогноз гидрометеорологических элементов в Северной Атлантике // Комплексное изучение открытой части Атлантического океана. - Л.: Изд-во ГО СССР, 1986. - С. 25-29.

11. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Классификация и прогнозирование положения кромки льда в Атлантическом секторе Антарктики // Антарктика. - М.: Наука, 1988. - Вып. 25. - С. 66-73.

12. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Классификация температуры во-

ды и содержания хлорофилла в Юго-Восточной Атлантике в теплое полугодие 1983 г. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. - М., 1985. - Т. 3. - С. 249-262.

13. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Комплексный метод прогноза промыслово-океанологических характеристик // Докл. АН СССР. - 1987. - Т. 294, № 1. - С. 220-223.

14. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С., Маклыгин Л.Г. Метеорологическое прогнозирование для экологического мониторинга в западной части Атлантического сектора Антарктики // Антарктика. - М.: Наука, 1987. - Вып. 26. - С. 44-52.

15. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Методические рекомендации по использованию методов автоматической классификации в промыслово-океанологических исследованиях. - Калининград, 1985. - 80 с. - (Препр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии).

16. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Методические рекомендации по прогнозированию промыслово-океанологических характеристик некоторыми статистико-вероятностными методами. - Калининград, 1985. - 95 с. - (Препр. / Атлант. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии).

17. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С., Шатилина Т.А. Методические рекомендации по прогнозу характеристик промысла (на примере промысла сайры в районе Южно-Курильских островов) // Методы промышленного прогнозирования. Тез. докл. Всесоюз. конф., Мурманск, 15-20 окт. 1983. - Мурманск, 1983. - С. 5.

18. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Методы прогнозирования промысловых и океанологических показателей // Рыб. хоз-во. - 1979. - № 2. - С. 74-77.

19. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. О классификации температуры воды на поверхности в Атлантическом океане в 1980-1981 гг. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана. - М., 1985. - Т. 2. - С. 90-95.

20. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Опыт использования комплексного метода прогнозирования //Проблемы краткосрочного промышленного прогнозирования и управления флотом на промысле: Тез.докл. II Всесоюз.совещ., г.Калининград, 15-17 окт. 1985 г. - Калининград, 1985. - С. 160-164.

21. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Применение кластер-анализа для классификации океанологических процессов //Вопросы использования оперативной спутниковой информации в рыбохозяйственных исследованиях: Сб.науч.тр. /Атлант.НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. - Калининград, 1980. - С.11-19.

22. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Применение методов экспоненциальных и гармонических весов для прогноза океанологических и промысловых элементов // Тез.докл. IV Всесоюз.конф. по промышленной океанологии Мирового океана, г.Мурманск, 10-13 нояб. 1978 г. - Мурманск, 1978. - С.93-94.

23. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Прогнозирование положения кромки льда в Атлантическом секторе Южного океана с помощью кластер-анализа и многошагового вероятностного оценивания //Ледовые прогнозы и расчеты: Тез.докл. на Всесоюз.совещ., г.Ленинград, 3-8 апр. 1984 г. - Л., 1984. - С.18-19.

24. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Типизация гидрометеорологических элементов в Северной Атлантике //Вопросы промышленной океанологии мирового океана: Тез.докл. V Всесоюз.конф., г.Калининград, 23-25 окт. 1979 г. - Калининград, 1979. - С.25-27.

25. Яковлев В.Н., Альтман Ю.С. Типизация гидрометеорологических элементов в Северной Атлантике //Океанологические основы формирования биологической продуктивности Северной Атлантики. - Калининград, 1981. - С.3-39.

Заказ 1189 № КУ 03088 Подписано к печати 15.10.87 г.  
Формат 60x90/16 Объем I п.л. Бесплатно Тираж 130 экз.

Ротапринт

ОНТИ

АтлантНИРО