


Б-129

На правах рукописи



Вражкин Александр Николаевич

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ И СХЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗА
ВЕТРА И ВОЛН В ЯПОНСКОМ МОРЕ

25.00.28 — океанология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Владивосток - 2002

Работа выполнена в Дальневосточном региональном научно исследовательском гидрометеорологическом институте Росгидромета (г. Владивосток)

Научный руководитель:

Кандидат географических наук,
старший научный сотрудник Абузьяров Зыядин Каюмович

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Беккер Александр Тевьевич
Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Пономарев Владимир Иванович

Ведущая организация:

Дальневосточный государственный университет (г. Владивосток).

Защита состоится 4 октября 2002г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 005.017.02 в Тихоокеанском океанологическом институте имени В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской Академии наук по адресу: г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

Отзывы просим присылать по адресу:
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тихоокеанского океанологического института Дальневосточного отделения Российской Академии наук.

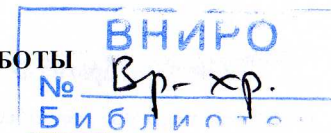
Автореферат разослан "22" июля 2002г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук



Храпченков Ф.Ф.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность темы.

Японское море представляет собой морскую акваторию, соединяющую Россию со многими промышленно развитыми странами Азиатско-Тихоокеанского региона. По акватории моря проходит густая сеть транспортных артерий, осуществляется активное рыболовство. В северной части моря — Татарском проливе, в ближайшее время планируются обширные гидротехнические работы по транспортировке на материк нефти и газа, добываемых на Сахалинском шельфе, а также строительство терминалов и портовых сооружений.

В этой связи важными элементами гидрометеорологического режима моря являются ветер и волнение. Эти параметры относятся к разряду опасных морских гидрологических явлений. Знание волнового режима и умение прогнозировать элементы волнения необходимы для обеспечения безопасности рыбного промысла и навигации, добычи полезных ископаемых, строительства прибрежных хозяйственных объектов. Именно по этой причине во всех развитых странах большое значение придаётся исследованию ветра и волнения.

Японское море относится к числу бурных морей. Штормы являются обычным явлением особенно в холодный период года. Во время штормов ветер и волны нередко достигают разрушительной силы и приводят к авариям и срыву производственных процессов. Согласованная и точная информация о ветре и волнении обеспечивает не только безопасность морских работ, но и способствует повышению производительности труда и, как следствие, росту экономической эффективности. Поэтому, организация экономически целесообразного и безопасного режима работы современного морского транспорта, рыбной промышленности и других видов морской деятельности невозможны без учёта таких гидрометеорологических параметров, как ветер и волнение.

Работа выполнена в Дальневосточном региональном научно исследовательском гидрометеорологическом институте Росгидромета (г. Владивосток)

Научный руководитель:

Кандидат географических наук,
старший научный сотрудник Абузаров Зыядин Каюмович

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Беккер Александр Тевьевич
Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Пономарев Владимир Иванович

Ведущая организация:

Дальневосточный государственный университет (г. Владивосток).

Защита состоится 4 октября 2002г. в 13 часов на заседании диссертационного совета Д 005.017.02 в Тихоокеанском океанологическом институте имени В.И. Ильичёва Дальневосточного отделения Российской Академии наук по адресу: г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

Отзывы просим присылать по адресу:
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, д. 43

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тихоокеанского океанологического института Дальневосточного отделения Российской Академии наук.

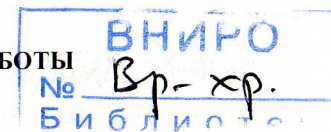
Автореферат разослан "22" июля 2002г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат географических наук



Храпченков Ф.Ф.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ



Актуальность темы.

Японское море представляет собой морскую акваторию, соединяющую Россию со многими промышленно развитыми странами Азиатско-Тихоокеанского региона. По акватории моря проходит густая сеть транспортных артерий, осуществляется активное рыболовство. В северной части моря — Татарском проливе, в ближайшее время планируются обширные гидротехнические работы по транспортировке на материк нефти и газа, добываемых на Сахалинском шельфе, а также строительство терминалов и портовых сооружений.

В этой связи важными элементами гидрометеорологического режима моря являются ветер и волнение. Эти параметры относятся к разряду опасных морских гидрологических явлений. Знание волнового режима и умение прогнозировать элементы волнения необходимы для обеспечения безопасности рыбного промысла и навигации, добычи полезных ископаемых, строительства прибрежных хозяйственных объектов. Именно по этой причине во всех развитых странах большое значение придаётся исследованию ветра и волнения.

Японское море относится к числу бурных морей. Штормы являются обычным явлением особенно в холодный период года. Во время штормов ветер и волны нередко достигают разрушительной силы и приводят к авариям и срыву производственных процессов. Согласованная и точная информация о ветре и волнении обеспечивает не только безопасность морских работ, но и способствует повышению производительности труда и, как следствие, росту экономической эффективности. Поэтому, организация экономически целесообразного и безопасного режима работы современного морского транспорта, рыбной промышленности и других видов морской деятельности невозможны без учёта таких гидрометеорологических параметров, как ветер и волнение.

2. Инициализация волновой модели с использованием блока задания ненулевых начальных условий.
3. Интерполяционный блок восстановления полей гидрометеорологических элементов с использованием метода триангуляции.
4. Результаты сравнительного анализа диагностических и прогностических данных по ветру и волнению с реальными синоптическими ситуациями, а также полученных по другим моделям применительно к физико-географическим и погодным условиям Японского моря.

Научная новизна работы:

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что впервые для условий Японского моря было выполнено комплексное исследование, включающее:

- Моделирование процессов ветра и ветрового волнения в условиях Японского моря при различных синоптических условиях;
- Настройка интегральной параметрической модели по реальным значениям характеристик волнения;
- Разработка технологической линии автоматизированного прогноза полей ветра и волн в Японском море с использованием современных подходов в области численного моделирования и обработки информации. Внедрение технологии в оперативную практику.

Практическая ценность работы:

Предложенная технологическая схема прогноза приводного ветра и ветрового волнения является составной частью автоматизированного рабочего места океанолога-оперативника (АРМ Океанолога), разработанного в ДВНИГМИ. В настоящий момент АРМ внедрён в трёх территориальных управлениях Росгидромета (Приморском, Колымском, Сахалинском). Научно-исследовательская работа, связанная с разработкой автоматизированных методов прогноза технологической линии АРМ-Океанолога, удостоена ведомственной премии за лучшие НИР и ОКР 2001 года.

Апробация работы:

Результаты работы докладывались на конференциях PACIS (г. Владивосток, 1995г.), ДВНИГМИ (г. Владивосток, 2000г.), оперативном совещании Гидрометцентра России (г. Москва, 2001), на научных семинарах ДВНИГМИ (1998-2001г.г.), научно-техническом совете Приморского УГМС (1999г.), отдельные разделы работы - на IV конференции молодых учёных (г. Севастополь, 1989г.), конференции ДВГУ (г. Владивосток, 1994г.).

Публикации:

По теме диссертации опубликовано 7 работ. Подготовлено несколько отчётов по НИР и ОКР по темам, прошедшим гос. регистрацию.

Структура и объём работы:

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложения. Общий объём работы – 116 страниц, из которых 99 страниц основного текста, 22 иллюстрации и 17 таблиц. Общее число литературных источников – 122.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ставятся цели и задачи исследования, приведены основные научные результаты, кратко излагается содержание всех глав.

В первой главе дается краткое обобщение результатов исследований и методов расчёта скорости ветра в приводном слое атмосферы. Приводятся достоинства и недостатки методов. Показано, что в большинстве методик скорость градиентного ветра находится из решения уравнения, определяющего баланс трёх сил – барического градиента, силы Кориолиса и центробежной. Переход от градиентного к приводному ветру осуществляется с помощью переводного коэффициента, учитывающего такие факторы как: устойчивость в приводном слое атмосферы, состояние моря, и т.д.

Отличия большинства методик расчёта заключаются в разном представлении формул перехода от скорости градиентного ветра к приводному. Условно их можно разбить на несколько групп: учитывающие термическое состояние атмосферы (А.И. Соркина, 1958; Бриттон, 1981; З.К. Абузьяров, 1980; Е.П. Веселов, 1971), термические и динамические условия состояния атмосферы (Е.П. Веселов, 1986; Н.А. Лавров, 1974; Кавалери и Бергамин, 1980; В.И. Макова, 1989), учитывающие состояние моря (В.Н. Боков. и А.Е. Четверкин, 1988; Ланфредди и Фраминнан, 1987), регрессионные методы (Хассе и Вагнер, 1971; Вада, 1985; Лутхард и Хассе, 1981), с использованием теории пограничного слоя атмосферы (Л.А. Голодко и В.М. Радкевича, 1974; Такеучи и Такада, 1985; С.С. Стрекалова, Г.В. Вольпяна. и С.В. Кривицкого, 1984).

Для построения автоматизированного метода расчёта скорости приводного ветра рассматривались две методики – В.И. Маковой (1989) и Лутхарда и Хассе (1981). Проведён сравнительный анализ рассчитанных скоростей приводного ветра с данными наблюдения буя ВМО № 21002, расположенного в Японском море. Анализировались ситуации зимне-весеннего сезона 1988-1991 г.г. Коэффициент корреляции для модуля скорости ветра, полученного по методике Маковой, равен 0.91, по методике Лутхарда и Хассе – 0.89, индекс рассеивания – 0.23 и 0.21 соответственно. Оценки для скорости ветра как векторной величины по коэффициенту корреляции равны 0.76, а индексу рассеивания 0.45 и 0.43. Разброс ошибок в диапазоне скоростей наименьшим оказался для методики Лутхарда и Хассе, что в конечном итоге и послужило её выбором для построения автоматизированного метода прогноза.

На основе сравнительного анализа результатов расчётов ветра на стандартной высоте 10 м над уровнем моря с данными измерения на гидрометеорологических буйках на высоте 5 м установлено, что при скоростях ветра, превышающих 10 м/с и высоте волн более 2 м, направление расчётного ветра на 13°-14° отклоняется от наблюдаемого. Основная причина такого расхождения связана с вертикальной стратификацией в приводном слое и влиянием взволнованной поверхности моря на ветровой поток.

Для подтверждения обнаруженного эффекта отклонения направления ветра на высотах 5 и 10 м дополнительно привлекались данные восьми буюв, расположенных в заливе Аляска, Тихом океане и в Японском море за период января-марта 1999г. Полученные результаты подтверждают эффект отклонения ветра для диапазона скоростей ветра, превышающих 10 м/с. Коэффициент корреляции между фактическими и расчётными значениями с учётом поправки (-13°) в направлении ветра значимо увеличился от 0.89 до 0.93 (при 95% доверительной вероятности). Статистическая значимость разности коэффициентов корреляции оценивалась с помощью z-преобразования Фишера. Индекс рассеивания уменьшился от 0.43 до 0.33. Во всём диапазоне скоростей ветра ввод поправки не приводит к качественному улучшению данных.

Во второй главе излагается метод расчёта ветрового волнения. Приводится описание волновых моделей третьего поколения, основанных на решении уравнения баланса энергии в спектральной форме. Обосновывается выбор модели для дальнейшего исследования. Решающим преимуществом существующих спектральных методов расчёта волн является возможность расчёта (прогноза) характеристик полей волнения, формирующихся в нестационарных и неоднородных ветровых потоках. Вместе с тем недостаточно хорошая изученность функции источников и стоков в уравнении баланса волновой энергии затрудняет применение чисто спектральных методов.

Показано, что интегральная параметрическая модель МАК (Матушевский, Абузьяров, Кабатченко, 1991) для случая глубокого моря является наиболее подходящей для практических расчётов ветрового волнения.

В основном для волновых моделей в качестве начальных условий задаются нулевые или условия “холодного старта”. Через определённое время модель адаптируется к текущим условиям состояния водной поверхности для соответствующего поля ветра. Это поле в дальнейшем служит для последующего диагностического расчёта, а время, необходимое для адаптации модели, называется временем настройки модели. Данный промежуток времени

колеблется от 24 до 48 часов и зависит от интенсивности ветра в начальный период развития волн.

С целью сокращения времени настройки модели, а также быстрому приведению её к реальному состоянию волнения и уменьшению объёма исходной информации, автором диссертации разработан блок, позволяющий задавать ненулевые начальные условия для дальнейшего использования в прогностических целях. Он состоит в следующем: по имеющимся данным о параметрах ветрового волнения и зыби (высота, период и направление распространения), доступных из сводок попутных судовых наблюдений, восстанавливаются спектральные характеристики. По значению высоты волны h находим энергию e :

$$e = \left(\frac{h}{1.6} \right)^2, \quad (1)$$

которая определяется суммой распределения энергии по лучам. Используя функцию углового распространения, можно получить долю энергии e_{g_i} , приходящей на каждое направление и характеризующее собой угловой спектр:

$$e_{g_i} = \frac{2e}{\pi} \cos^2(\theta_0 - \theta_i), \quad (2)$$

где $(\theta_0 - \theta_i)$ - угол между генеральным направлением волнения и направлением i -го луча.

Для задания начальных условий дополнительно требуется информация о частотном спектре. В интегральной параметрической модели он определяется автомодельной функцией и задаётся формой спектра Круземана:

$$S(\omega) = \begin{cases} 2\pi\alpha g^2 \omega^{-5} & \text{при } \omega > \omega_p \\ \frac{2\pi\alpha g^2}{\omega_0^5} \frac{\omega - \omega_0}{\omega_p - \omega_0} & \text{при } \omega_0 \leq \omega \leq \omega_p \\ 0 & \text{при } \omega < 0 \end{cases} \quad (3)$$

где α - коэффициент в равновесном спектре Филлипса, ω_0 - частота максимума спектра, ω_p - низкочастотная граница склона спектра.

Восстановленные характеристики служат для инициализации модели и последующего использования в прогностических целях. Как видно на рис.1,

применение данного подхода позволяет получить поле волнения, отвечающее реальным условиям практически без предварительного диагностического подсчёта.

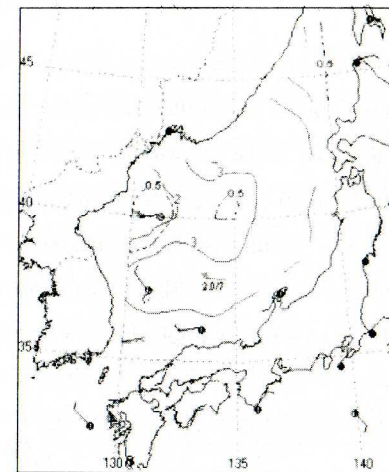


Рис. 1. Расчётное поле волнения на 2 января 2000г. (слшная линия — расчёт по ненулевым начальным условиям, штрих-пунктир — по нулевым).

Третья глава посвящена исследованию ветро-волновых ситуаций в Японском море. Море находится под влиянием муссонной атмосферной циркуляции, при которой характерна периодическая смена ветра в теплый и холодный периоды времени. Муссонная циркуляция играет существенную роль в динамике периодически меняющихся атмосферных процессов. Свой вклад вносят также ближайшие к морю центры действия атмосферы и воздушные массы. Все это и предопределяет сложность гидрометеорологических условий и формирует в море два сектора: холодный северный и теплый, прилегающий к берегам Японии и Кореи.

Ветровой режим над Японским морем имеет большую неоднородность. Зимой в Японском море преобладают сухие, холодные северо-западные ветры. Летом господствуют южные и юго-восточные ветры. В соответствии с

режимом ветров, наиболее бурным в отношении волнения Японское море бывает в осенне-зимний период и относительно спокойным в остальные сезоны. Увеличение повторяемости штормового волнения осенью происходит за счет выхода большого числа как континентальных, так и океанических циклонов.

Наиболее часто особо опасные волны наблюдаются в январе-марте. По судовым данным максимальная волна (11 м) наблюдалась в центральной части Японского моря. В открытой части моря достаточно часто встречаются волны зыби, которые могут составлять до 40-50% всех случаев волнения.

В большинстве случаев в Японском море волнение развивается до стихийного при выходе циклонов следующих типов: Западный, Юго-Западный, Южный и тайфун (рис. 2). Данная типизация проведена в Приморском УГМС.

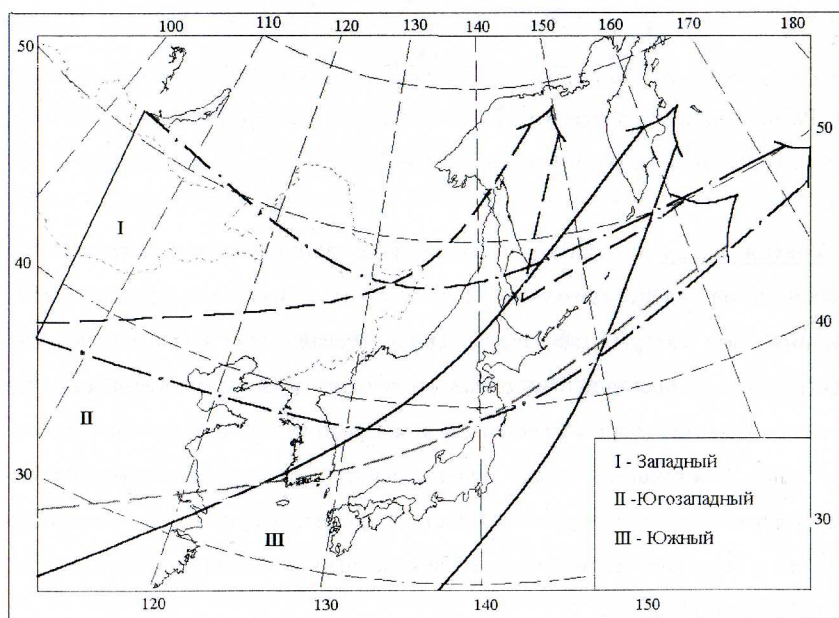


Рис. 2. Типовые траектории циклонов, вызывающих штормовое волнение в Японском море.

Наибольшая повторяемость штормовых ситуаций для типов: Юго-Западный (37%) и Западный (31%) и наименьшая типа Южный (11%). Длительность процессов колеблется от 36 до 54 часов в зимний период и от 18 до 30 часов в теплое время года.

По полям приземного давления для каждого типа произведены расчёты скорости приводного ветра и высоты ветрового волнения. Всего проанализировано 17 случаев стихийного волнения с 1970 по 1983 г.

Полученные расчётные величины скорости ветра и высоты волнения сравнивались с данными попутных судовых наблюдений и расположенного в Японском море метеорологического буя ВМО № 21002. Временной период рассматриваемых ситуаций включал: 24 часа до стихийного явления, само явление и 24 часа после его окончания. Проведена обработка полученных рядов с применением основных формул статистики. Сравнительный анализ производился как для каждого типа в отдельности, так и для всех ситуаций в целом.

Наилучшие статистические оценки для волнения получены для типов Южный и Юго-западный. В табл. 1 приведены статистические характеристики для всех рассмотренных штормовых ситуаций.

Анализ показал, что наблюдается постоянное занижение высот волн, превышающих 6 м и скорости ветра, превышающих 15 м/с. В остальных диапазонах высот и скоростей разброс данных относительно наблюдаемых величин более равномерный. Основная ошибка при расчёте поля смешанного волнения связана с зыбью. Она объясняется неучётом существующей первоначальной системы зыби, а также относительно её быстрому затуханию при расчёте. Аналогичная проблема имеется у большинства моделей расчёта волнения, а не только у использованной интегральной параметрической модели.

В четвертой главе приводится технологическая схема автоматизированного прогноза приводного ветра и ветрового волнения и дан анализ успешности прогнозов. Положительные результаты анализа ветровых и

волновых характеристик, приведённого в третьей главе, позволяют применить модели в прогностических целях.

Таблица 1

Сопоставление расчётных и фактических величин высот ветрового волнения и скоростей приводного ветра для штормовых ситуаций в Японском море

Высота ветрового волнения (м)		
	Судовые наблюдения	Модель
Среднее	4.07	3.96
Стандартное отклонение от среднего	1.59	1.42
Максимальное значение	10.0	8.9
Систематическая ошибка		-0.12
Стандартное отклонение набора данных		0.88
Среднеквадратическая ошибка		0.88
Систематическая среднеквадрат. ошибка		1.41
Несистематическая среднеквадрат. ошибка		1.59
Коэффициент корреляции		0.84
Индекс рассеивания		0.22
Скорость приводного ветра (м/с)		
	Векторная статистика	Скалярная
Среднее наблюденное	10.70	15.87
Среднее модельное	10.51	14.92
Систематическая ошибка	1.69	-0.94
Стандартное отклонение набора данных	7.10	3.02
Среднеквадратическая ошибка	7.29	3.16
Коэффициент корреляции	0.83	0.77
Индекс рассеивания	0.46	0.20

Общая технологическая линия прогноза состоит из четырёх блоков (рис.4):

1. Базы данных гидрометеорологической информации геоинформационной системы ГИС-Метео;

2. Блока считывания информации из оперативной базы ГИС-Метео и подготовки исходных данных;
3. Расчёта и прогноза приводного ветра и ветрового волнения с последующей записью результатов в локальные базы;
4. Визуализации результатов (построение морских гидрометеорологических карт анализа и прогноза).

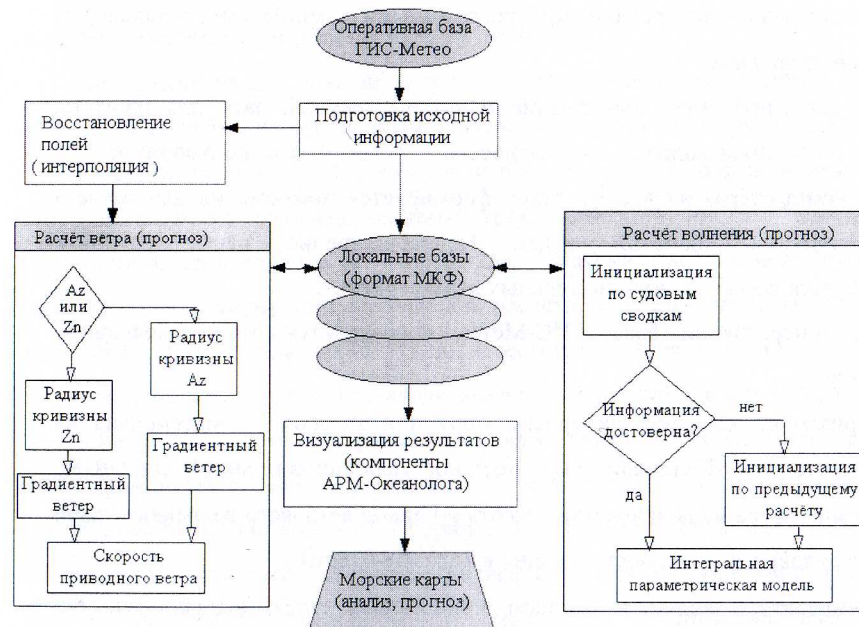


Рис.4 Технологическая схема прогноза приводного ветра и ветрового волнения

Исходная гидрометеорологическая информация поступает по ведомственным каналам связи в оперативную базу данных ГИС-Метео. Для работы с ней и выбора соответствующих данных используется специальная библиотека функций операционной системы Windows.

Блок считывания состоит из двух частей: отбор информации по заданным критериям специальной программой и запись данных в промежуточную локальную циклическую базу в формате многоключевого файла (МКФ).

Для описания полей гидрометеорологических элементов в формате МКФ используется четыре ключа: день года, параметр, срок-заблаговременность, узел сетки. База данных МКФ состоит из двух файлов – файла заголовка и файла данных. Запись в промежуточную циклическую базу МКФ обусловлена тем, что данные поля необходимо сохранить для последующей работы с ними различными специализированными программными комплексами, а также для визуального анализа.

После считывания информации и выбора текущей даты для прогноза (выбор даты производится автоматически посредством синхронизации с часами компьютера) на втором этапе формируется информация для расчёта прогностических значений ветра. Непосредственно перед расчётом производится до-выбор дополнительных характеристик.

Из оперативной базы ГИС-Метео производится отбор следующих элементов:

- приземное давление на уровне моря или значение геопотенциала на высоте 1000 ГПа (анализ и прогноз), поступающих в кодах GRID и GRIB;
- температура воды и воздуха, высота и период ветрового волнения и зыби из судовых сводок, поступающих в коде KH-01SHIP;
- температура воды по данным прибрежных гидрометеорологических станций, поступающих в коде KH-02(MOPE).

Данные по давлению интерполируются в узлы расчётной области. Шаг сетки по широте и долготе составляет $1^\circ \times 1^\circ$, размер области 16×15 точек, из них 90 являются расчётными (акватория моря).

Непосредственно перед расчётом ветра производится выбор информации по температуре воды и воздуха и восстанавливается поле разности температур вода-воздух. По причине нерегулярности географического расположения

наблюдённых данных за температурой, поступающих с судов, используется интерполяция в узлы регулярной сеточной области.

Разработан интерполяционный метод восстановления данных по трём точкам. Восстановление значений в узлы регулярной сетки производится путём решения уравнения поверхности второго порядка в частном виде итерационным методом Ньютона:

$$a_1x^2 + a_2y^2 + a_3z^2 + a_4 = 0, \quad (4)$$

где a_1, a_2, a_3 - коэффициенты, a_4 - константа, равная -1, x, y - координаты в декартовой системе, z - интерполируемый параметр.

По имеющимся данным строится триангуляционная сеть. При построении треугольников основным критерием является минимум площади и периметра. Для восстановления значения необходимо знание коэффициентов a_i . Они находятся из решения системы трёх уравнений (4) для каждого построенного треугольника в отдельности. Значения восстанавливаемого параметра z в каждом узле регулярной расчётной сетки определяются на следующем шаге из уравнения (4) по известным a_i . При помощи данного интерполяционного блока восстанавливаются поля температур воды и воздуха.

Блок расчёта состоит из расчёта скорости приводного ветра, по которой затем производится расчёт волнения. На основании решения уравнения, определяющего баланс трёх сил – барического градиента, силы Кориолиса и центробежной, находится скорость градиентного ветра. Разделение полей давления на области циклонической циркуляции и антициклонической производится автоматически по специально разработанной процедуре. Критерием разделения служат два условия:

- условно принятая величина давления, равная 1010 ГПа;
- радиус кривизны для циклона не превышает 8 географических градусов.

Данная величина подобрана эмпирическим путём.

Скорость приводного ветра на высоте 10 м рассчитывается по формулам Лутхарда и Хассе (1981):

$$V = V_g(0.59 - 0.03\Delta T_{a-w}) + (2.13 - 0.05\Delta T_{a-w}), \quad (5)$$

$$\alpha = 14.5 + 4.4\Delta T_{a-w}, \quad (6)$$

где V_g – скорость градиентного ветра, α - угол отклонения направления ветра от градиентного. Устойчивость атмосферы оценивается разностью температур вода-воздух (ΔT_{a-w}). Если модуль ΔT больше 3°C - его дальнейшее увеличение не учитывается. Полученные прогностические поля приводного ветра записываются в локальную циклическую базу МКФ.

Второй расчетный блок – прогноз ветрового волнения. На первом шаге производится инициализация модели. Используя фактические наблюдения за волнением, можно задать начальные условия для спектральной модели волнения. Настройка происходит либо по данным попутных судовых наблюдений, либо по данным предыдущего расчёта.

При использовании данных из кода KH-01SHIP (высота ветрового волнения и зыби) производится интерполяция на расчётную область триангуляционным методом, описанным выше. В случае недостаточного количества судовых наблюдений для построения триангуляционной сети, или если они не покрывают всю акваторию моря, используются данные предыдущего расчёта. Второй критерий – это сравнение восстановленного поля волнения, полученного по судовым данным и поля предыдущего расчёта. Если оказывается, что элементы поля восстановленного с использованием данных попутных судовых наблюдений имеют значения выше физических пределов высоты волны, данное поле не используется в расчёте. Такие ситуации возникают часто по причине незначительного количества попутных судовых наблюдений. В этом случае инициализация модели волнения производится по высоте волны из предыдущего расчёта. По восстановленным полям задаются начальные условия для спектральной модели.

В дальнейшем прогноз ветрового волнения производится по интегральной параметрической модели с использованием ранее полученных полей приводного ветра. Результат работы модели записывается в общую с приводным ветром локальную базу данных МКФ.

Последний блок технологической линии – построение морских гидрометеорологических карт анализа и прогноза. Данный этап производится в среде программного комплекса АРМ-Океанолога, разработанного в ДВНИГМИ, где одним из составных компонентов и является линия автоматизированного прогноза ветра и волнения.

В табл. 2 приводятся результаты оценки прогнозов скоростей приводного ветра и высоты волнения с заблаговременностью до трёх суток за период с ноября 1999г. по январь 2000г., полученных с использованием данной технологии.

Таблица 2.

Оценки успешности прогнозов скорости приводного ветра и высоты волнения

Заблаговременность прогноза (час.)	Коэф. корреляции	Индекс рассеивания	Систематическая ошибка	Стандартное отклонение от среднего	Оправданность прогноза (%)
Приводный ветер (векторная статистика)					
24	0.71	0.41	0.72		90
48	0.87	0.38	0.68		88
72	0.82	0.4	1.08		82
Волнение					
24	0.74	0.28	-0.31	0.77	88
48	0.65	0.24	-0.26	0.62	76
72	0.67	0.28	-0.39	0.62	69

Дополнительно проводился сравнительный анализ полученных прогностических полей волнения с полями волнения по спектральной модели Wave Analysis Model (WAM). Рассматривались поля с высотой волны более 2 м. В половине случаев наблюдалось полное сходство картин, в остальных – географическое расположение областей максимума волнения не совпадало, но при этом максимумы высот волн были равны. Эти ситуации были характерны в основном для западного типа атмосферных процессов.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

1. Разработана методическая основа и технология диагноза и прогноза приводного ветра и ветрового волнения для Японского моря с заблаговременностью до пяти суток. Линия прогноза реализована на ПЭВМ с доступом к оперативной гидрометеорологической базе комплекса ГИС-Метео.

2. Разработан и реализован автоматизированный способ задания ненулевых начальных условий для решения уравнения переноса волновой энергии интегральной параметрической модели волнения. Использование данного подхода задания начальных условий позволяет модели выходить на расчётный режим без предварительного диагностического "разгона".

3. Выполнен критический анализ методов расчёта скорости и направления ветра и дано обоснование выбора метода для использования в технологии автоматизированного расчёта (прогноза). Реализован автоматизированный метод расчёта скорости приводного ветра на основе положений существующих методик и с учётом деления на циклоническую и антициклоническую кривизну изобар.

4. Предложена технология усвоения данных нерегулярной сети судовых наблюдений, в основе которой заложен метод оптимальной интерполяции в узлы регулярной области на триангуляционной основе.

5. Проанализированы типовые синоптические ситуации, обуславливающие штормовое волнение в Японском море. Рассчитаны высоты волн для данных типов и проведён их анализ. Наилучшая статистическая связь расчётных и фактических данных наблюдается для скорости ветра в случае типа Юго-западного, для волнения – типа Южного.

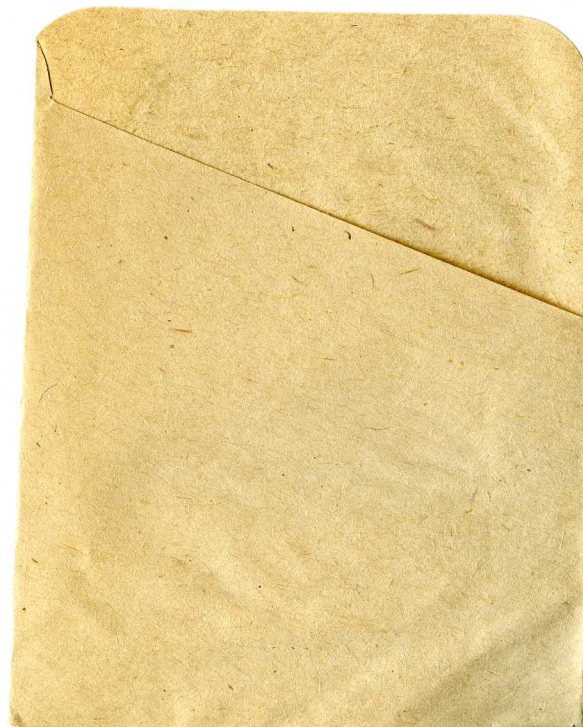
6. Анализ успешности прогнозов ветра и волн с заблаговременностью от 24 до 72 часов по разработанной технологии показал возможность применение её в оперативной практике.

7. Разработанная автором в рамках рассмотренных методов технология прогноза ветра и волн реализована в автоматизированном рабочем месте (АРМ-Океанолога).

Основные публикации по теме диссертации.

1. Вражкин А.Н. Восстановление полей давления и волнения по ограниченному числу наблюдений. // Тезисы докладов IV Всесоюзной научно-технической конференции "Вклад молодых учёных и специалистов в решение современных проблем океанологии и гидробиологии" (Раздел геофизика), 1989, ч.1, с.30-31.
2. Фирсов П.Б., Вражкин А.Н. Исследование и расчёт штормового волнения в Японском море. // Тезисы Международной конференции "Северная Пасифика: гидрометеорология, охрана окружающей среды, география", посвящённой 95-летию Дальневосточного государственного университета (ДВГУ) и 30-летию геофизического факультета (Владивосток, 30 августа - 4 сентября 1994). Владивосток, 1994, с.54
3. Вражкин А.Н., Гордя С.П., Пипко И.Г. Автоматизированные методы прогноза программного комплекса "АРМ-Океанолога". // Труды ДВНИГМИ, Юбилейный выпуск ДВНИГМИ-50, 2000, с.168-172.
4. Вражкин А.Н. Технологическая линия АРМ-Океанолога. // Тезисы доклада оперативно-производственного совещания "Использование прогностических продукции численных моделей Гидрометцентра России и других НИУ в оперативной работе УГМС: новые технологии, внедрённые в оперативную практику на современных ЭВМ". (Москва 15-19 октября 2001г.), с.9-10.
5. Вражкин А.Н. Инициализация волновой прогностической модели по ненулевым начальным условиям. // Труды ДВГТУ, вып. 131, 2002, с.218-220.
6. Вражкин А.Н. Ветро-волновой анализ и прогноз стихийных условий в Японском море. // Труды ДВГТУ, вып. 131, 2002, с.215-218.
7. Varlamov S.M., Vrazhkin A.N., Pipko I.G. and Sokolov O.V. Computerized system of analysis and forecast for the main elements of the sea surface state. //

Rep. & abstr. PICES Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas - June
19-24, 1995 Vladivostok, Russia PICES Workshop, Sydney, Canada 1995, 1p.



. Тираж 100 экз. Объём – 1 п.л.

ДВНИГМИ

Ботанная, д. 24