

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

ИЗДАЕТСЯ С 1995 ГОДА

**18
2004**

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербург

Главный редактор

д. т. н., проф. С. П. Алексеев

Редакционная коллегия:

д. т. н., проф. А. Н. Добротворский (первый заместитель главного редактора);
д. в. н., проф. П. Г. Бродский (заместитель главного редактора);
д. т. н. П. И. Малеев (научный редактор); к. г.-м. н. И. Ю. Бугрова (редактор);
А. Ю. Обухов (ответственный за выпуск); В. А. Авдонушкин;
к. т. н. С. П. Баринов; д. т. н., проф. Б. Н. Беляев; к. т. н. М. Л. Богданович;
к. в.-м. н., проф. А. А. Дадашев; д. т. н., проф. Б. Е. Иванов;
д. в. н., проф. А. И. Исмаилов; к. т. н. И. В. Капустин; д. в. н. В. А. Катенин;
к. т. н. А. А. Лакунин; к. т. н. Н. И. Леденев; д. т. н., проф. Б. И. Лобойко;
к. т. н. С. И. Мاستрюков; д. в.-м. н., проф. А. П. Михайловский;
д. т. н., проф. Н. Н. Неронов; к. т. н. А. Б. Опарин;
д. т. н., проф. В. И. Пересыпкин; акад. РАН В. Г. Пешехонов;
к. в. н. Ю. В. Румянцев; чл.-кор. РАН А. Е. Сазонов;
чл.-кор. РАН А. И. Сорокин; к. т. н. С. В. Яценко

**© Государственный научно-исследовательский
навигационно-гидрографический институт
Министерства обороны Российской Федерации**

2004

**THE STATE RESEARCH NAVIGATION-HYDROGRAPHIC
INSTITUTE**

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

PUBLISHED SINCE 1995

**18
2004**

RUSSIAN FEDERATION MINISTRY OF DEFENCE

Saint-Petersburg

Editor-in-chief

S. P. Alekseyev, DSc, professor

Editorial board

- A. Dobrotvorsky (first vice-editor-in-chief), DSc, professor;
P. Brodsky (vice-editor-in-chief), DSc, professor;
P. Maleyev, DSc (science editor);
I. Bugrova (editor), CandSc; A. Obukhov (the issue manager);
V. Avdonyushkin; S. Barinov, CandSc; B. Belyaev, DSc, professor;
M. Bogdanovich, CandSc; A. Dadashev, CandSc, professor;
B. Ivanov, DSc, professor; A. Ismailov, DSc, professor; I. Kapustin, CandSc;
V. Katenin, DSc; A. Lakunin, CandSc; N. Ledenev, CandSc;
B. Loboiko, DSc, professor; S. Mastryukov, CandSc;
A. Mikhaylovsky, DSc, professor; N. Neronov, DSc, professor;
A. Oparin, DSc; V. Peresyarkin, DSc, professor;
V. Peshekhonov, DSc, Acad. RAS; Yu. Rumyantsev, CandSc;
A. Sazonov, CM RAS; A. Sorokin, DSc, CM RAS;
S. Yatsenko, CandSc

© The State Research Navigation-Hydrographic Institute
Russian Federation Ministry of Defence

2004

СОДЕРЖАНИЕ

С. П. Алексеев О первоочередных мерах нормативного регулирования вопросов навигационного обеспечения оборонной и хозяйственной деятельности в Российской Федерации.....	9
НАВИГАЦИЯ	12
Б. Е. Иванов Проверка достоверности зависимостей для оценки вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру	12
Б. Е. Иванов, В. А. Михальский, А. Н. Батуев Об оценке вероятности навигационной безопасности плавания с учетом неопределенности положения кромок фарватера.....	17
П. И. Малеев Возможные пути использования метеоритов в интересах навигации.....	19
П. И. Малеев Перспективы создания квантовых систем навигации.....	22
А. А. Пылаев, В. С. Трегубов Учет особенностей распространения радиоволн при работе радионавигационных систем среднечастотного диапазона на морских трассах, покрытых слоем льда	28
Г. А. Калошин, С. А. Шишкин Методические вопросы расчета дальности видимости новых светооптических систем зрительных средств навигационного оборудования	34
С. М. Бублик, Ю. В. Токарев Результаты государственных испытаний навигационной аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS «Бриз – КД»	43
А. Ю. Обухов Сущность и результаты применения информационно-логического моделирования при оценке навигационно-гидрографических условий в районе плавания	47
ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ	
Э. С. Зубченко Картографирование подводного рельефа дна по данным дистанционных измерений яркости морских акваторий.....	56
А. Ю. Обухов Комплексный статистический анализ результатов навигационно-гидрографического обеспечения повседневной и боевой деятельности кораблей флота	63
Ю. Н. Жуков К оценке погрешностей в измерении глубин многолучевыми эхолотами	70

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ

С. И. Мастрюков О применимости полуэмпирического метода расчета характеристик ветрового волнения по данным о локальной скорости ветра	74
О. А. Гасников, А. Б. Опарин, А. М. Абрамов Разработка автоматизированных информационно-справочных систем с использованием банка океанографических данных ВМФ	80
Ю. Н. Жуков Анализ приливных колебаний по временным рядам на основе дискретного вейвлет-преобразования	86
Ю. Н. Жуков Анализ сейшевой модели образования амфидромических точек	93
Г. В. Смирнов, Д. Г. Смирнов Нанобактерия – новый гидроэкологический фактор	100
Алексей Иванович Баранов (некролог)	105
ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ	106

CONTENTS

S. P. Alekseyev On Immediate Steps in Normative Regulation of Navigation Support Problems for Defence and Economic Activities in the Russian Federation	
NAVIGATION	
B. E. Ivanov Checking the Validity of Relationships for Evaluation of Navigation Safety Probability in Navigation Along the Channel	
B. E. Ivanov, V. A. Mikhalsky, A. N. Batuev Evaluation of Navigation Safety Probability taking into Account the Uncertainty of the Channel Edges Position	
P. I. Maleyev Possible Ways of Employing the Meteorites in the Interests of Navigation	
P. I. Maleyev Prospects for Creating the Quantum Navigation Systems	
A. A. Pylaev, V. S. Tregubov Taking into Account the Specific Features of Radiowave Propagation for MF Navigation Systems Operating on the Ice-covered Sea Routes	
G. A. Kaloshin, S. A. Shishkin Methodical Problems of Calculating the Detectable Distance for New Light-Optical Systems of Visual Aids to Navigation.....	
S. M. Bublik, Y. V. Tokarev Results of State Tests of «Briz-KD» GLONASS/GPS Navigation Equipment.....	
A. Y. Obukhov The Essence and Results of Employment of Information-Logical Modelling when Evaluating the Navigation-Hydrographic Conditions in the Navigation Area.....	
HYDROGRAPHY AND MARINE CARTOGRAPHY	
E. S. Zubchenko Mapping the Submarine Relief, Using the Remote Measurements of the Sea Water Areas Radiance.....	
A. Y. Obukhov Complex Statistical Analysis of Results of Navigation-Hydrographic Support for Routine and Combat Activities of the Naval Ships	
Y. N. Zhukov On Evaluation of Errors in Measurement of Depth by Multibeam Echosounders	

HYDROMETEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY

S. I. Mastryukov On Applicability of Semiempirical Method of Calculation of Wind-induced Waves Characteristics, Using the Local Wind Velocity Data

O. A. Gasnikov, A. B. Oparin, A. M. Abramov Development of Automated Information-Reference Systems, Using the Oceanographic Data Bank of the Navy

Y. N. Zhukov Analysis of Tidal Variations by Temporal Series Based on Discrete Wavelet-Transformation

Y. N. Zhukov Analysis of the Seiche Model of the Amphidromic Points Formation

G. V. Smirnov, D. G. Smirnov Nanobacterium – a New Hydroecological Factor

Alexei I. Baranov (obituary)..... 105

INFORMATION ABOUT AUTHORS

***О ПЕРВООЧЕРЕДНЫХ МЕРАХ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ВОПРОСОВ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБОРОННОЙ И
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ***

С. П. АЛЕКСЕЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье обоснована необходимость принятия в области навигационного обеспечения ряда законодательных актов, позволяющих повысить эффективность оборонной и хозяйственной деятельности в России.

Основные особенности современного периода преобразований в стране связаны с широкомасштабным реформированием Вооруженных Сил Российской Федерации, что обусловлено изменением политических взглядов на роль вооруженной борьбы в системе средств, обеспечивающих достижение целей государства. Естественно, реформирование не могло не коснуться таких видов боевого и специального обеспечения, как навигационное, навигационно-гидрографическое и топогеодезическое, поскольку преобразование этих видов обеспечения имеет большое значение для повышения эффективности боевой деятельности армии и флота. На наш взгляд, оно должно включать комплекс структурных (организационных) и содержательных (качественных) преобразований, все предложения по которым должны быть научно обоснованы. При этом содержательная и организационная части преобразований должны строго соответствовать нормативной базе в этой сфере деятельности, узаконенным понятиям, терминологии и формулировкам.

Навигационное (в ВМФ – навигационно-гидрографическое) обеспечение является важнейшим видом боевого обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации и важным инструментом повышения эффективности экономической деятельности в государстве. Оно реализуется путем выполнения ряда организационных и технических мероприятий, направленных на создание и поддержание на требуемом уровне технической базы, четкое функционирование соответствующих органов военного управления (администраций), их тесное взаимодействие с потребителями навигационной информации.

Основу технической базы навигационного обеспечения составляют автономные средства навигации, устанавливаемые на подвижных объектах и вырабатывающие навигационные параметры без использования внешней информации. Эти средства в силу специфики принципов их действия требуют периодической коррекции по зрительным, акустическим или радиотехническим ориентирам, которые, в свою очередь, объединены в группу средств коррекции. Наиболее перспективные радиотехнические средства навигации, имеющие массовый характер использования и общие принципы измерений, могут быть объединены в единую систему координатно-временного обеспечения.

Исторически сложилось, что понятия «навигационное обеспечение» и «гидрографическое обеспечение» на Флоте употребляются вместе как «навигационно-гидрографическое обеспечение» (НГО). Вызвано это, по-видимому, тем, что научная дисциплина «гидрография» и соответствующая ей практическая деятельность зародились и долгое время развивались именно как имеющие единственной целью своего существования удовлетворение потребностей кораблевождения, т. е. навигации.

Одним из важнейших направлений национальной политики России является государственное регулирование в области навигационного обеспечения хозяйственной и оборонной деятельности в стране. За истекшее десятилетие федеральными органами государственной власти России введен в действие ряд указов, постановлений и распоряжений, касающихся в основном вопросов развития и использования глобальной спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС.

К сожалению, до настоящего времени законодательно не определен порядок создания и использования единого навигационного пространства Российской Федерации, а также распределение полномочий федеральных органов исполнительной власти в этой области и особенности навигационного обеспечения хозяйствующих субъектов в угрожаемый период и военное время.

Одной из главных причин этого следует считать отсутствие в стране общей правовой базы в области навигационного обеспечения и федерального органа исполнительной власти, отвечающего за исполнение в этой области законодательных и иных нормативных актов. Исключение составляет навигационно-гидрографическое обеспечение морских путей. Российским законодательством ответственность за навигационно-гидрографическое обеспечение морских путей в прибрежных водах (кроме Северного морского пути) возложена на федеральный орган исполнительной власти в области обороны. В Минобороны России выполнение этих функций поручено Главному управлению навигации и океанографии РФ. Для осуществления этих функций создана система навигационно-гидрографического обеспечения (НГО), имеющая организационную и техническую составляющие. В системе НГО используется широкий круг технических средств от автономных датчиков курса и скорости, инерциальных навигационных комплексов до наземных радионавигационных и глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и их функциональных дополнений. При этом система ГЛОНАСС рассматривается как основа для создания системы Единого радионавигационного поля. Теоретические и методологические основы системы навигационного обеспечения сформированы во флотских научных школах, а их корректность и практическая ценность подтверждены многовековым опытом суровых морских походов в Заполярье и в «ревуших сороковых».

Система НГО ВМФ позволяет обеспечить решение многих задач как Военно-Морского Флота, так и Вооруженных Сил в целом и вносит существенный вклад в обеспечение деятельности морского флота и других структур федерального уровня. Многообразие целей оборонного и экономического характера, которые могут быть достигнуты благодаря системе НГО ВМФ или достижение которых, по крайней мере, облегчается при использовании информации от системы НГО ВМФ, позволяет квалифицировать последнюю как информационную систему многоцелевого назначения. Исходя из этого система НГО ВМФ может быть принята в качестве основы для формирования системы навигационного обеспечения видов Вооруженных сил Российской Федерации и государства в целом.

В целях формирования единой политики государства в области навигации, а также разграничения ответственности федеральных органов исполнительной власти по данному вопросу, определения основных принципов организации навигационного обеспечения в стране, механизма их реализации и источников финансирования предлагается подготовить и внести установленным порядком проект Распоряжения Президента Российской Федерации «О состоянии и мерах улучшения навигационного обеспечения в Российской Федерации», в котором предусмотреть разработку основных положений национальной политики в области навигационного обеспечения, проектов федеральных законов «О навигационном обеспечении» и «Российский радионавигационный план», а также комплекса мероприятий по созданию и поддержанию военного и гражданского регламентов применения ГНСС, по обеспечению мобилизационной готовности навигационных ресурсов государства и навигационному надзору.

К отработке документов целесообразно привлечь специалистов Главного управления навигации и океанографии Минобороны России, Федерального космического агентства, других заинтересованных ведомств и учреждений.

Реализация вышеизложенных предложений позволит существенно улучшить организацию навигационного обеспечения в стране и в целом повысит эффективность оборонной и экономической деятельности в России.

S. P. Alekseyev

On Immediate Steps in Normative Regulation of Navigation Support Problems for Defence and Economic Activities in the Russian Federation

The necessity to take a number of legislative acts in the area of navigation support that enable to enhance the efficiency of the defense and economy activities in Russia, is substantiated.

НАВИГАЦИЯ

ГРНТИ: 73.34.17

ПРОВЕРКА ДОСТОВЕРНОСТИ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ ПО ФАРВАТЕРУ

Б. Е. ИВАНОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье методом статистического моделирования проверяется достоверность зависимостей для оценки вероятностей навигационной безопасности плавания по фарватеру при наличии на нем встречного корабля и с учетом погрешностей положения кромок фарватера. Доказывается ошибочность зависимостей, предложенных Н. М. Груздевым.

Зависимости для оценки вероятности навигационной безопасности плавания (ВНБП) по фарватеру выводятся теоретическим путем. Правильность их определяется применением адекватной вероятностной модели корректным использованием положений теории навигации и теории вероятностей. Однако при сомнении в верности полученных зависимостей этого оказывается недостаточно. В этом случае требуется дополнительная проверка. Необходимость более тщательной проверки возникает также тогда, когда разные авторы предлагают разные зависимости для оценки одной и той же ВНБП. Во всех этих случаях наиболее действенным путем доказательства верности полученной зависимости является оценка ее достоверности, которая выполняется путем сравнения величин, полученных разными, не зависящими друг от друга методами. В данном случае значения ВНБП, вычисленные по выведенным теоретическим зависимостям, должны сравниваться со значениями ВНБП, полученными, например, методом статистического моделирования.

В связи с тем, что разные авторы предлагают разные зависимости для оценки ВНБП по фарватеру при наличии встречного корабля и с учетом погрешностей положения кромок фарватера, возникает необходимость оценки их достоверности. Такая задача решается ниже.

Оценка достоверности ВНБП при наличии встречного корабля. Пусть на фарватере шириной L с кромками A и B проложена линия пути своего корабля на расстоянии r от правой кромки фарватера (рис. 1). В связи с наличием погрешности u определения места по направлению, перпендикулярному кромкам фарватера, определяемое место C своего корабля смещается в истинное место K . По данным радиолокационной станции определено, что относительное место C_v встречного корабля будет находиться на расстоянии D от истинного места K своего корабля на момент сближения кораблей. В связи с погрешностью v определения этого расстояния

относительное определяемое место C_B встречного корабля смещается в относительное истинное место K_B . Погрешности u и v подчиняются нормальному распределению со средними квадратическими погрешностями (СКП) m_u и m_v соответственно.

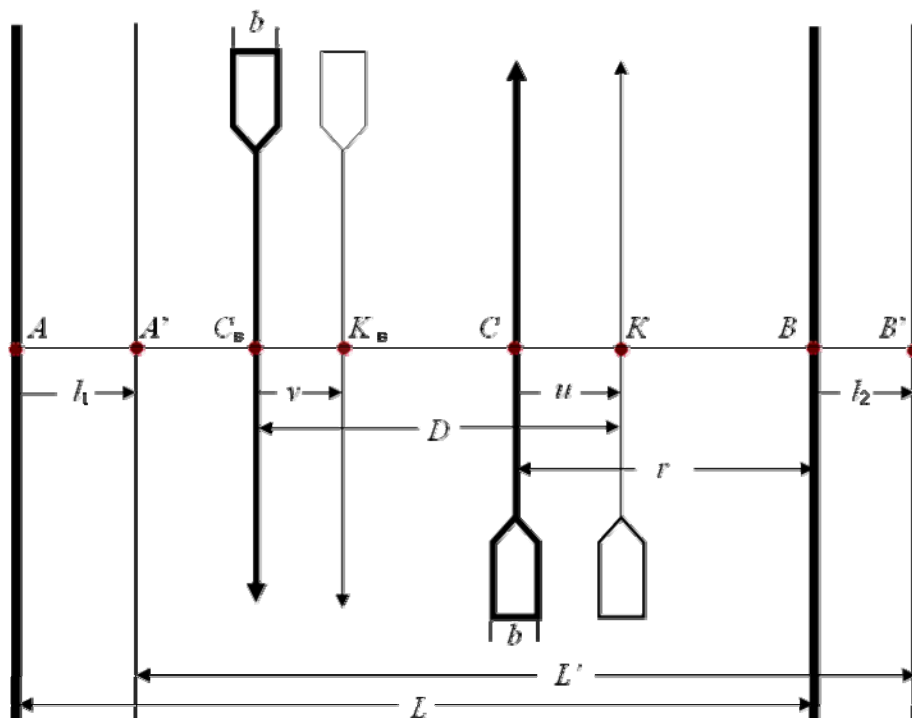


Рис. 1. Расположение своего и встречного кораблей на фарватере:

C и K – определяемое и истинное места своего корабля; C_B и K_B – определяемое и истинное относительные места встречного корабля; A и B – проложенные на карте кромки фарватера; A' и B' – истинные кромки фарватера; L и L' – ширина фарватера, показанная на карте, и истинная; D – расстояние между определяемым местом встречного корабля и истинным местом своего корабля; u и v – погрешности определения места своего корабля и расстояния между кораблями; l_1 и l_2 – погрешности положения левой и правой кромок фарватера; b – ширина корабля

Н. М. Груздев в статье [1] и в монографии [2] предлагает оценивать ВНБП своего корабля по формуле

$$P_r = (P - \Delta P) P_p, \quad (1)$$

где P – вероятность невыхода своего корабля за пределы фарватера;

ΔP – вероятность того, что погрешность u будет находиться в интервале, равном ширине встречного корабля;

P_p – вероятность безопасного расхождения кораблей.

В статье автора настоящей статьи [3] доказано, что формула (1) ошибочна, а ВНБП должна оцениваться по формуле

$$P_o = P P_p. \quad (2)$$

По формулам (1), (2) и по формулам для P , ΔP и P_p из статьи [1] вычислены значения ВНБП P_r и P_o . При этом учитывалось, что СКП m_u и m_v

равны $0,3 L$, расстояние D равно $0,5 L$, ширина корабля b равна $0,3 L$, а минимально допустимое расстояние между кораблями соответствует ширине корабля.

Для оценки достоверности формул (1) и (2) на ЭВМ моделировалось $n = 10000$ пар случайных погрешностей u и v с указанными выше СКП. В результате моделирования определялось число n_0 навигационных происшествий (выходов своего корабля за пределы фарватера или столкновений со встречным кораблем) из условий $u + b/2 > r$, $u - b/2 < r - L$ и $\text{abs}(v - D) < b$.

По данным статистического моделирования вычислялась ВНБП по формуле

$$P_m = 1 - n_0 / n. \quad (3)$$

Результаты вычислений по формулам (1) – (3) показаны в левой части приведенной ниже таблицы. Видно, что ВНБП, вычисленная по формуле (1), значительно отличается от ВНБП, вычисленной по формуле (3); их относительная разность составляет от 30% до 80%. В то же время значения ВНБП, вычисленные по формулам (2) и (3), достаточно близки друг другу; их относительная разность составляет менее 1%.

**ВНБП по фарватеру при наличии встречного корабля
с учетом погрешностей положения кромок фарватера**

r/L	ВНБП при наличии встречного корабля на фарватере			ВНБП с учетом погрешностей положения кромок фарватера		
	P_r	P_o	P_m	P_r	P_o	P_m
0,00	0,043	0,230	0,229	0,484	0,493	0,496
0,05	0,088	0,275	0,274	0,526	0,555	0,558
0,10	0,134	0,321	0,320	0,566	0,616	0,616
0,15	0,181	0,368	0,368	0,604	0,673	0,676
0,20	0,227	0,414	0,415	0,639	0,725	0,729
0,25	0,270	0,457	0,458	0,669	0,772	0,774
0,30	0,308	0,494	0,493	0,695	0,811	0,812
0,35	0,339	0,526	0,524	0,716	0,842	0,847
0,40	0,362	0,549	0,549	0,731	0,864	0,869
0,45	0,377	0,564	0,564	0,741	0,878	0,885
0,50	0,382	0,569	0,568	0,744	0,882	0,890

На основании вышеизложенного можно заключить, что ранее сделанный вывод об ошибочности формулы (1) Н. М. Груздева подтвержден методом статистического моделирования. Также подтверждена достоверность формулы (2), полученной в статье автора [3].

Оценка достоверности ВНБП с учетом погрешностей положения кромок фарватера. Пусть по тому же фарватеру движется только свой корабль. В то же время обозначенные на карте кромки фарватера A и B смещаются под действием случайных погрешностей l_1 и l_2 и занимают истинные положения A' и B' соответственно (см. рис. 1). При этом заданная ширина фарватера L становится равной L' . Случайные погрешности l_1 и l_2

положения кромок фарватера подчиняются нормальному распределению с СКП m_{l_1} и m_{l_2} соответственно.

Н. М. Груздев в статье [4] предлагает оценивать ВНБП P_r по известной интегральной формуле при подстановке в нее не имеющей в общем случае никакого смысла «суммарной СКП»

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2} . \quad (4)$$

При коррелированных погрешностях l_1 и l_2 и при $m_{l_1} = m_{l_2} = m_l$ вместо формулы (4) в работе [4] рекомендуется использовать новую формулу

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + 2(1+r)m_l^2} , \quad (5)$$

где r – коэффициент корреляции погрешностей l_1 и l_2 положения кромок фарватера.

В то же время в монографии [2] Н. М. Груздев предлагает другую формулу

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2 + r m_{l_1} m_{l_2}} . \quad (6)$$

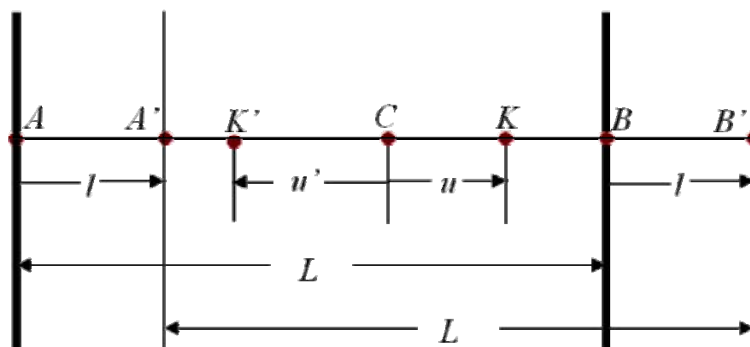


Рис. 2. Смещение фарватера без изменения его ширины:

C и K – определяемое и истинное места своего корабля; A и B – проложенные на карте кромки фарватера; A' и B' – истинные кромки фарватера; L – ширина фарватера, показанная на карте и истинная; u – погрешность определения места своего корабля; u' – дополнительная погрешность определения места своего корабля, соответствующая погрешности l положения левой и правой кромок фарватера

Прежде всего, покажем несостоятельность предложения Н. М. Груздева на примере, когда $m_{l_1} = m_{l_2} = m_l$ и $r=1$. В соответствии с работой [5] указанные условия относятся к случаю, когда $l_1=l_2=l$, то есть обе кромки фарватера имеют совершенно одинаковое смещение l , что соответствует смещению фарватера без изменения его ширины и равносильно дополнительному смещению $u'=l$ места корабля относительно заданных кромок фарватера A и B (рис. 2). В этом и только этом случае будет существовать суммарная СКП определения места корабля относительно кромок фарватера, которая на основании теоремы сложения дисперсий случайных величин u и u' из работы [5] будет равна

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + m_l^2} . \quad (7)$$

Подставив условия примера в формулу (5), получим

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + 4m_l^2} . \quad (8)$$

Выполнив те же действия с формулой (6), найдем

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + 3m_l^2} . \quad (9)$$

Различия между формулами (7) и (8) и формулами (7) и (9) свидетельствуют об ошибочности предлагаемого Н. М. Груздевым способа.

Кроме теоретического доказательства несостоятельности предлагаемого Н. М. Груздевым способа, оценим достоверность этого способа методом статистического моделирования при условии $m_{l_1} = m_{l_2} = m_l$ и $r = 0$.

Тогда из формул (4) – (6) Н. М. Груздева получится одна зависимость

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + 2m_l^2} . \quad (10)$$

В статье [6] автора обосновывается возможность вычисления ВНБП P_o по известной интегральной формуле при подстановке в нее

$$m_c = \sqrt{m_u^2 + m_l^2} . \quad (11)$$

Подставив попеременно выражения (10) и (11) в интегральную формулу из монографии [2], вычислим значения ВНБП P_r и P_o соответственно. Результаты вычислений при $m_u = 0,1 L$, $m_l = 0,3 L$ и $b = 0,01 L$ представлены в правой части таблицы.

Для оценки достоверности подходов, основанных на формулах (10) и (11), на ЭВМ моделировались случайные погрешности u , l_1 и l_2 с указанными выше СКП. Число всех троек указанных погрешностей составило 10000. Первоначально из этой совокупности отбирались только те тройки погрешностей, которые соответствовали фактической ширине фарватера L' , превышающей ширину корабля. Число таких троек n находилось из условия $l_1 - L + b < l_2$. В результате моделирования определялось число n_o навигационных происшествий (выходов своего корабля за пределы фарватера), которое находилось из условий $u - r < l_1 + b/2 - L$ и $u - r > l_2 - b/2$.

Для получения ВНБП P_m методом статистического моделирования использовалась формула (3). Значения P_m приведены в правой части таблицы.

Из правой части таблицы видно, что ВНБП, вычисленная с учетом формулы (10), значительно отличается от ВНБП, вычисленной по формуле (3); их относительная разность составляет от 2% до 20%. В то же время значения ВНБП, вычисленные по формуле (3) и с учетом формулы (11), достаточно близки друг другу; их относительная разность составляет менее 1%

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что ошибочность предложения Н. М. Груздева, основанного на формулах (4) – (6), доказана путем сравнения формул (7) – (9) и подтверждена методом статистического

моделирования. Тем же методом подтверждена достоверность способа из статьи [6] автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздев Н. М. Вероятность безопасного плавания и расхождения со встречным кораблем на фарватере // Записки по гидрографии. – 2001. – № 253. – С. 10–17.
2. Груздев Н. М. Навигационная безопасность плавания. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. – 221 с.
3. Иванов Б. Е. Об оценке вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру при наличии встречного судна // Навигация и гидрография. – 2003. – № 17. – С.21–29.
4. Груздев Н. М. Вероятность нахождения корабля в пределах фарватера с учетом погрешностей его границ // Записки по гидрографии. – 2003. – № 258. – С.23–27.
5. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
6. Иванов Б. Е. Влияние погрешностей положения кромок фарватера на вероятность навигационной безопасности плавания // Навигация и гидрография. – 2002. – № 13. – С.31–37.

В. Е. Ivanov

Checking the Validity of Relationships for Evaluation of Navigation Safety Probability in Navigation Along the Channel

The validity of relationships for evaluation of the navigation safety probabilities in navigation along the channel by the statistical modelling method is checked. The probabilities taking into account the presence of a passing vessel and errors in determining the channel edges are considered. The erroneousness of relationships proposed by N. N. Gruzdev is proved.

ГРНТИ: 73.34.17

ОБ ОЦЕНКЕ ВЕРОЯТНОСТИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАВАНИЯ С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ КРОМК ФАРВАТЕРА

**Б. Е. ИВАНОВ,
В. А. МИХАЛЬСКИЙ,
А. Н. БАТУЕВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

Получены зависимости для оценки вероятности навигационной безопасности плавания при различной точности определения положения левой и правой кромок фарватера.

Оценка вероятности навигационной безопасности плавания (ВНБП) с учетом неопределенности положения кромок фарватера впервые рассмотрена в работе Б. Е. Иванова [1], где была выведена ее интегральная зависимость. Для упрощения расчетов в статье [2] того же автора было предложено вычислять ВНБП по обычно применяемой в таких случаях формуле вероятности попадания случайной погрешности на заданный участок, равной ширине фарватера. Это осуществлено путем подстановки в неё среднего квадратического отклонения (СКО) суммы случайной погрешности определения места корабля, случайной и систематической (повторяющейся) погрешностей определения положения кромок фарватера вместо средней квадратической погрешности (СКП) определения места корабля. При этом положения левой и правой кромок фарватера считалось равнозначным.

В монографии [3] и в статье [4] Н. М. Груздева была предпринята попытка оценки ВНБП при любом соотношении точностей определения

положения левой и правой кромок фарватера. Однако, как было показано в работе Б. Е. Иванова [5], она оказалась безуспешной. В связи с этим представляется необходимым решить такую задачу, что и предпринято в данной работе.

Пусть на фарватере шириной L с кромками A и B проложена линия пути корабля на расстоянии r от правой кромки фарватера (см. рис. 1 в статье Б. Е. Иванова в настоящем издании [5]). В связи с погрешностью u определения места корабля по направлению, перпендикулярному кромкам фарватера, определяемое место C корабля смещается в истинное место K . В то же время в связи с погрешностями l_1 и l_2 обозначенные на карте кромки фарватера A и B смещаются и занимают истинные положения A' и B' , а принятая ширина L фарватера становится равной L' . Погрешности u , l_1 , l_2 характеризуются симметричными относительно нуля плотностями распределения $f(u)$, $\varphi_1(l_1)$ и $\varphi_2(l_2)$ соответственно.

Безопасность плавания будет обеспечиваться в том случае, когда L' будет больше ширины b корабля с учетом зоны безопасности. Тогда на основании формулы полной вероятности из работы [6] ВНБП будет равна

$$P = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_2(l_2) \int_{-\infty}^{L-b+l_2} \varphi_1(l_1) \int_{r+b/2-L+l_1}^{r-b/2+l_2} f(u) du dl_1 dl_2 . \quad (1)$$

Формула (1) может быть представлена в виде двух слагаемых:

$$P = P_1 + P_2 . \quad (2)$$

Учитывая вывод статьи [2] о том, что с достаточной для практики точностью вычислений верхний предел среднего интеграла в формуле (1) можно заменить на ∞ , слагаемые в выражении (2) можно представить зависимостями:

$$P_1 = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_1(l_1) \int_{-\infty}^{L-r-b/2-l_1} f(u) du dl_1 - 0,5 ; \quad (3)$$

$$P_2 = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_2(l_2) \int_{-\infty}^{r-b/2+l_2} f(u) du dl_2 - 0,5 . \quad (4)$$

Обозначим сумму $w_1 = u + l_1$. В формуле (3) внутренний интеграл преобразуем подстановкой разности $w_1 - l_1$ вместо переменной u . Затем изменим порядок интегрирования и после преобразования получим

$$P_1 = \int_0^{L-r-b/2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_1(l_1) f(w_1 - l_1) dl_1 dw_1 . \quad (5)$$

Согласно работе [6] внутренний интеграл выражения (5) соответствует плотности распределения $\psi_1(w_1)$ суммы w_1 . Тогда вместо двойного интеграла (3) можно использовать более простое выражение

$$P_1 = \int_0^{L-r-b/2} \psi_1(w_1) dw_1 . \quad (6)$$

Аналогичным образом можно показать, что вместо двойного интеграла (4) можно применять зависимость

$$P_2 = \int_0^{r-b/2} \psi_2(w_2) dw_2 , \quad (7)$$

где $\psi_2(w_2)$ – плотность распределения суммы $w_2 = u + l_2^*$, где $l_2^* = -l_2$.

Степень приближенности формул (6) и (7) оценена путем расчётов на примере, в котором $l_2=0$. Относительная разность между значениями ВНБП, вычисленными по точной формуле (1) и по приближённым зависимостям (6) и (7) с учетом формулы (2) составила менее 0,1%.

В соответствии с работой [6] суммы w_1 и w_2 при нормальном распределении погрешностей u , l_1 и l_2 также будут подчинены нормальному распределению, а их СКО будут равны корню квадратному из суммы квадратов СКП слагаемых. В случае когда погрешности u , l_1 и l_2 подчиняются распределению Лапласа, плотности распределения сумм могут находиться на основе зависимостей, приведенных в статьях [2, 7].

Для оценки ВНБП по формуле (2) нет необходимости решать интегралы (6) и (7). При нормальном распределении погрешностей можно использовать интеграл вероятностей из работы [6], подставляя в него верхние пределы интегрирования из формул (6) и (7) и СКО сумм w_1 и w_2 . Если погрешности подчиняются распределению Лапласа, то можно использовать аналоги интеграла вероятностей для этого распределения из статей [2, 7].

Таким образом, задачу оценки ВНБП при неравноточном определении положения кромок фарватера можно считать решенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Б. Е. Влияние неопределенности положения кромок фарватера на безопасность плавания // Записки по гидрографии. – 2000. – №249. – С. 25–30.
2. Иванов Б. Е. Влияние погрешностей положения кромок фарватера на вероятность навигационной безопасности плавания // Навигация и гидрография. – 2001. – №13. – С. 31–37.
3. Груздев Н. М. Навигационная безопасность плавания. – СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. – 221 с.
4. Груздев Н. М. Вероятность нахождения корабля в пределах фарватера с учетом погрешностей его границ // Записки по гидрографии. – 2003. – №258. – С. 23–27.
5. Иванов Б. Е. Проверка достоверности зависимостей для оценки вероятности навигационной безопасности плавания по фарватеру // Навигация и гидрография. – 2004. – № 18. – С. – 12–17.
6. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. 3-е изд., испр. – М.: Наука, 1964. – 576 с.
7. Иванов Б. Е. Об особенностях решения навигационных задач при использовании распределения Лапласа // Навигация и гидрография. – 2001. – № 12. – С.67–69.

B. E. Ivanov,

V. A. Mikhalsky,

A. N. Batuev

Evaluation of Navigation Safety Probability taking into Account the Uncertainty of the Channel Edges Position

The relationships required to evaluate the navigation safety probability at different accuracy of determining the position of the left and right channel edges, have been obtained.

ГРНТИ: 47.49.31

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРИТОВ В ИНТЕРЕСАХ НАВИГАЦИИ

П. И. МАЛЕЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Рассмотрены некоторые характеристики метеоритов и метеорного распространения радиоволн. Показаны возможные пути их использования в навигации.

Из мирового пространства в атмосферу Земли непрерывно вторгается огромное количество метеоритных тел. Скорость движения этих мелких твердых частиц относительно Земли от 12 до 72 км/с. Исследованиям характеристик метеоритов и метеоритного распространения радиоволн посвящено большое количество работ [1–6]. В результате этих исследований к настоящему времени выявлен ряд важных для рассматриваемой проблемы закономерностей.

Одна из них отражает зависимость между массой частиц и частотой проникновения их в атмосферу: чем больше масса частиц, тем реже они попадают в атмосферный слой. При разности в массах, например, в 10 раз количество более крупных метеорных тел оказывается примерно в 10 раз меньше. Другая показывает зависимость количества попадающих метеоритов от времени года и суток. Так, осенью метеоритов значительно больше, чем весной. В утренние часы (от 4 до 6 ч) число метеоритов также в несколько раз больше, чем в вечерние (около 18 ч). Имеют место и годовые изменения числа метеоритов, а также изменения, связанные с широтой места.

В течение одного дня в земную атмосферу вторгается около 10^{10} частиц различных размеров, общей массой до одной тонны.

Вторгаясь в атмосферу Земли, метеорные частицы создают ионизированный след на высоте 80–125 км. Число свободных электронов в следе колеблется от 10^{10} до 10^{16} на 1 м следа. Наличие ионизированных метеорных следов позволяет использовать их в интересах как связи, так и навигации. Однако, если начало работ по метеорной радиосвязи было положено еще в 1960-е годы, и к настоящему времени такая связь получила широкое развитие, то возможности использования метеорных тел в интересах навигации до сих пор практически не исследованы. Представляется целесообразным рассмотреть этот вопрос.

Отражение радиоволн от метеорного следа происходит по законам оптики «зеркально». С учетом высоты его образования максимальная дальность распространения радиосигнала за счет однократного отражения от ионизированного следа составляет около 2000 км. Это отражение характеризуется определенной направленностью. Относительно малые размеры метеорного следа приводят к тому, что отраженный от него сигнал «освещает» на поверхности Земли ограниченную зону в форме эллипса с размером полуосей примерно 10×40 км.

За 1 минуту в области отраженных радиоволн в среднем появляется 2–3 полезных следа, дающих отражения сигналов длительностью 1 с, и десятки следов с длительностью порядка 0,1 с. Средняя длительность метеорного следа зависит от ориентации и протяженности трассы и составляет 0,1–0,6 с. Наиболее часто следы возникают на трассах, протяженностью 800–1200 км. Оптимальным,

с точки зрения отражения от следов, является диапазон частот 30–100 МГц, относящийся к УКВ диапазону волн.

По сравнению с коротковолновым (КВ) диапазоном волн (2–30 МГц) более высокие «метеорные» частоты меньше подвержены поглощению и условиям временного нарушения распространения. Механизм метеорного рассеяния не зависит от ионосферного отражения. В КВ диапазоне, как известно, существует дистанция пропуска, ниже которой радиосигнал не проходит. При метеорном распространении радиосигнала зоны пропуска отсутствуют.

Метеорное отражение радиосигналов имеет также ряд преимуществ по сравнению с ионосферным отражением, а именно:

- по выигрышу мощности (передатчик радиосигналов работает с полной мощностью только около 10% времени);
- по уменьшению взаимных помех благодаря направленности излучения;
- по высокой скрытности передачи сигналов, за счет прерывистого характера работы;
- по невозможности создания прицельных помех за счет ограниченной зоны «засветки» отраженных радиосигналов.

По сравнению со спутниковыми системами метеорная система обладает значительно меньшими эксплуатационными расходами – она не подвержена воздействию средств подавления противника и может работать постоянно.

Системы метеорной радиосвязи, экспериментально апробированные более 40 лет назад, не нашли в то время широкого применения в силу их относительно больших габаритов и веса, а также бурного развития спутниковой радиосвязи. В настоящее время прогресс, достигнутый в области микроэлектроники и микропроцессорной техники, позволяет создавать системы метеорной радиосвязи и навигации в малогабаритном и мобильном исполнении с минимальным энергопотреблением.

До последнего времени одной из нерешенных проблем в создании малогабаритных метеорных систем было отсутствие малогабаритных антенн. Существенное уменьшение линейных размеров антенн при сохранении необходимой их эффективности можно реализовать, используя свойства композиционных материалов, обладающих особыми электрофизическими свойствами, в основе которых лежит теория сокращения электромагнитной волны и сохранения остаточного заряда.

Использование этих материалов позволяет изготавливать образцы антенн самой разнообразной формы и габаритов, включая миниатюрные и тонкопленочные. Эти материалы обладают высокой механической и термической прочностью, радиационной и химической стойкостью.

В России работы по созданию таких антенн проводит ЗАО «Визем» (г. Москва).

Системы метеорной радиосвязи разрабатываются в ряде стран. Наибольшее развитие они получили в США для использования в вооруженных силах. С целью увеличения дальности действия таких систем

разрабатываются ретрансляционные системы. В интересах ВМС в качестве ретрансляторов используются морские суда и автономные радиобуи.

В России в настоящее время работы по созданию метеорной радиосвязи проводят ряд организаций: МП «Метеорная техника» при Казанском университете, ЦНИИ СМО (г. Мытищи), НИИ «Нептун» и АОЗТ «Симета» (г. Санкт-Петербург) и некоторые другие.

Эти работы, однако, находятся на этапе экспериментальных исследований из-за отсутствия соответствующего финансирования.

В интересах навигации отражение радиосигналов от ионизированных метеорных следов может найти применение в радионавигационных системах с целью передачи меток времени вторичных эталонов и синхронизации шкал времени потребителей, в том числе и наземных измерительных пунктов (НИП).

Кроме того, оно может быть использовано для увеличения дальности действия радионавигационных систем, работающих в СВЧ диапазоне, за счет перевода в УВЧ диапазон, обладающий лучшими характеристиками по метеусловиям. Известна радионавигационная система «SYLEPORT-2» (США), работающая в метеорном канале, – при мощности излучения 100 мВт и дальности 20 км она обеспечивает определение местоположения объекта с точностью ± 1 м ($P=0,65$) [7].

В заключение выражаю глубокую благодарность Лобойко Б. И. и Кочневу Г. С. за обсуждение данной проблемы и высказанные рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронэ М. Н. Метеорная радиосвязь. – М.: Воен. Изд. Техника связи, 1960. – 115 с.
2. Баранников И. В. Общие принципы построения современной аппаратуры метеорной связи. – Мытищи: ЦНИИС, 1994. – 150 с.
3. Гром В. П., Симонов М. В. Вероятностно временные характеристики радиальных сетей метеорной связи // Электросвязь. – 1994. – №9. – С. 29–33.
4. Давис Г. Е. Канадская система Джанет. Метеорная связь на УКВ// Сб. статей иностранных авторов. М.: ИЛ, 1961. – С. 19–22.
5. Дей З. Метеорная связь – перспективный метод обмена информацией с отдаленными объектами. // Электроника. – 1982. – №26. – С. 63–68.
6. Долгов В. И., Белов С. П. и др. Принципы построения метеорных радиоканалов связи. // Радиотехника. – 1992. – №6. – С. 51–55.
7. Хармут Х. Р. Несинусоидальные волны в радиолокации и радиосвязи. Пер. с англ. под ред. А. П. Мальцева. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.

P. I. Maleyev

Possible Ways of Employing the Meteorites in the Interests of Navigation

Some characteristics of meteorites and meteorite radiowaves propagation are considered. The possible ways of their employment in navigation are presented.

ГРНТИ: 73.34.17

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ

П. И. МАЛЕЕВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Рассмотрены основы создания и состояния развития систем передачи информации, позиционирования, синхронизации часов и других систем, основанных на принципиально новых, квантовых явлениях.

В последние десятилетия наблюдается бурное развитие квантовой механики, квантовой оптики и физики нелинейных явлений. Результатом этого развития явилось то, что весьма абстрактные идеи, лежащие в основе квантовой физики, стали получать практическую реализацию в создании целого ряда высокоэффективных квантовых приборов и устройств, предназначенных для передачи информации, определения координат удаленных объектов, синхронизации часов, обеспечения абсолютной скрытности связи, квантовых компьютеров и других систем.

Началом практического применения квантовых приборов в приборостроении стали эксперименты по квантовой телепортации, проведенные в начале 1990-х годов [1, 2]. Для понимания физики явлений, используемых в этих приборах, необходимо напомнить некоторые особенности квантовой механики. Эти особенности связаны с тем, что в отличие от классического квантовый объект является изначально статистическим. В силу исключительной малости микрообъектов любое экспериментальное определение тех или иных характеристик таких частиц (координат, импульса, энергии и т. п.) всегда ведет к искажению их исходного состояния. Наличие фундаментальных ограничений на точность одновременного измерения различных характеристик микрочастицы носит название принципа неопределенности Гейзенберга, который был открыт еще в 1927 г. В соответствии с этим законом для описания квантовой системы используется волновая функция. Эта функция или, как ее еще называют, амплитуда вероятности или вектор состояния, несет в себе всю информацию о конкретном состоянии квантовой системы.

Существенно отметить, что состояние любой квантовой системы описывается единой волновой функцией независимо от того, сколько частиц содержит система. Более того, если частицы, образующие квантовую систему, одинаковы (в частности, пучок фотонов с одинаковыми импульсами и поляризациями), то она описывается единой волновой функцией даже в тех случаях, когда отсутствует взаимодействие между частицами. Такое состояние частиц называют «сцепленным» или «перепутанным». Этот удивительный, но достоверно установленный факт и лежит в основе рассматриваемых квантовых приборов. Рассмотрим физические основы их работы и состояние развития.

1. Квантовая система передачи информации

Данная система основана на эффекте квантовой телепортации. Под последней понимают не перенос самого материального объекта, а передачу абсолютно полной информации о нем и восстановление точной копии объекта на приемном конце линии связи. Для реализации квантовой телепортации необходимо выполнить два условия. Первое из них – приготовить сцепленное

квантовое состояние нескольких частиц, обладающее определенными свойствами (например, нулевым суммарным спином). Второе – создать для движения частиц такие условия, при которых это квантовое состояние не разрушалось бы вплоть до момента регистрации информации. Оба эти условия в настоящее время уже выполнимы.

Примером сцепленного состояния могут служить два однофотонных пучка с разными волновыми векторами. Экспериментально сцепленные пары фотонов получают при каскадных распадах в атомных системах [2], а также при облучении кристалла с квадратичной нелинейностью ультрафиолетовым фотоном. Такой фотон в кристалле распадается на два красных фотона с приблизительно равной энергией [3, 4]. Для выявления сцепленных состояний частиц обычно используют интерференцию интенсивностей по схеме, показанной на рис. 1 [5]. Сцепленные поляризационные пучки 3 и 4, образованные ультрафиолетовым излучением 1 в кристалле 2 смешиваются на полупрозрачном зеркале 6 и регистрируются двумя детекторами 7 и 8, отсчеты которых анализируются на совпадения в 9.

Существуют две возможности попадания фотона из любого пучка в один из детекторов. Совпадение отсчетов двух детекторов соответствует сцепленному состоянию регистрируемой пары частиц.

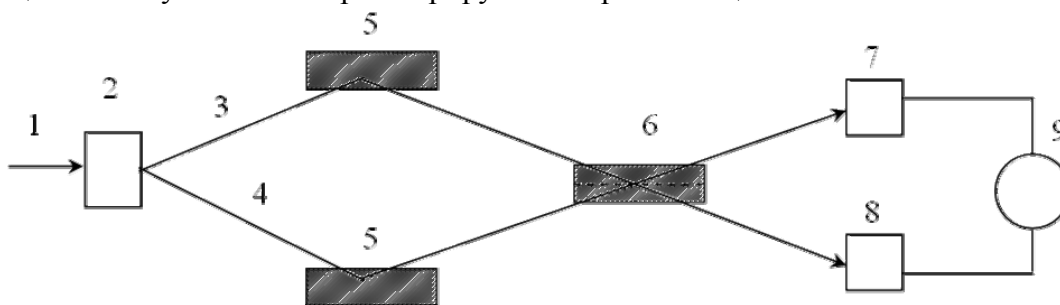


Рис. 1. Схема наблюдения интерференции интенсивностей (объяснения в тексте)

Первая экспериментальная реализация квантовой телепортации была осуществлена в конце 1997 г. [6]. Этот эксперимент как бы подтверждал мечту фантастов о возможности мгновенного исчезновения объекта в одном месте и возникновения в другом, пространственно удаленном. Схема эксперимента приведена на рис. 2.

Источником ультрафиолетового излучения 1 в кристалле 2 создаются фотоны 9 и 10, связывающие передающую систему А с приемной Б. Измерение фотонов 5, прошедших поляризатор 4, и фотонов 9 производилось при смешивании их с помощью двух зеркал 3 и полупрозрачного зеркала 6 детекторами 7 и 8.

Для анализа поляризационных свойств фотона на принимающей стороне Б использовались поляризационное зеркало 11 и детекторы 12 и 13. Экспериментальное доказательство телепортации состояло в регистрации на стороне А совпадений отсчетов детекторов 7 и 8, фиксирующих момент

телепортации, и одного из детекторов 12, 13 на стороне Б, настроенных на регистрацию различным образом поляризованных фотонов. Принимающая сторона Б фиксировала фотон 10 в исходном состоянии фотона 5. Изменение поляризации фотона 5 вело к изменению поляризации и фотона 10. Так производилась телепортация состояния фотона 5.

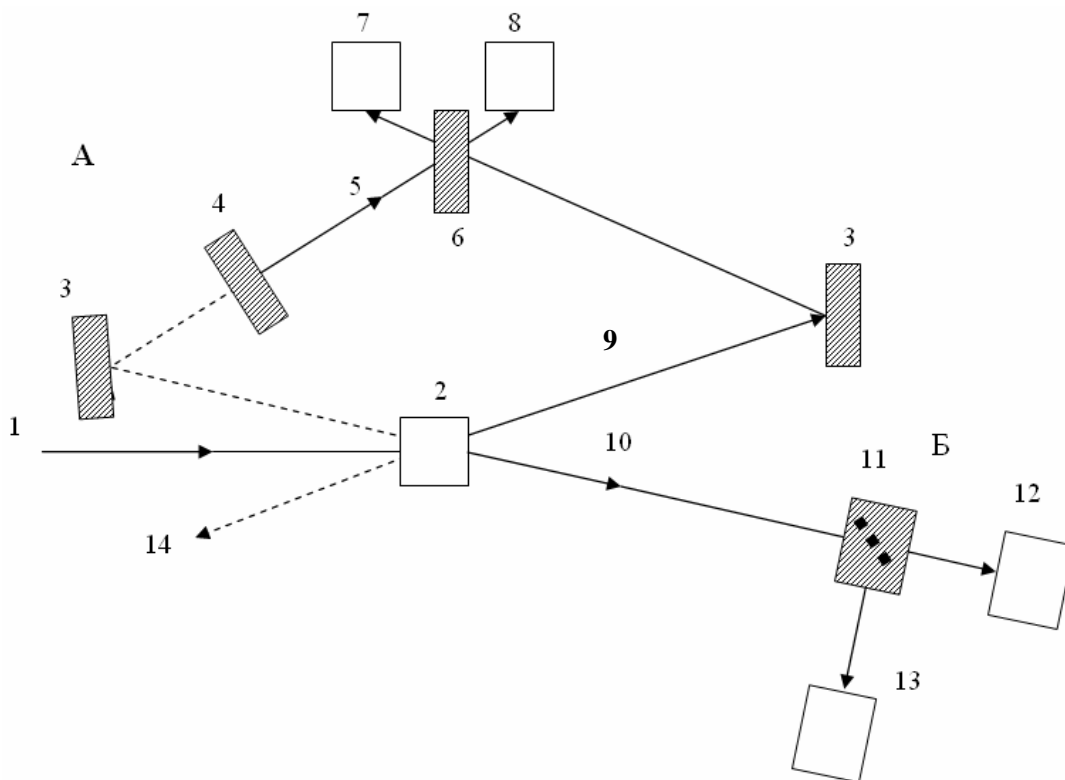


Рис. 2. Схема эксперимента по квантовой телепортации (объяснения в тексте)

Помимо поляризационно-сцепленных фотонных пар, в 1999–2001 гг.. экспериментально реализованы трехфотонные [7, 8] и четырехфотонные [9] сцепленные состояния. В эти же годы были реализованы сцепленные состояния фотонов, отличающиеся угловым моментом [10]. Позднее удалось получить и трехмерно сцепленные состояния двух фотонов [11].

Эти и другие достижения в создании сцепленных состояний открывают широкие возможности по практическому применению систем квантовой передачи информации. В первом действующем образце такой системы, испытанном в 2002 г., использовались обычные коммерческие оптоволоконные линии связи, проложенные вдоль берега Женевского озера и по его дну [12]. На самой длинной трассе Женева–Лозанна по подводному кабелю протяженностью 67 км была достигнута видимость 99,6%.

Важно отметить, что такая связь может обладать абсолютной скрытностью передачи информации, обеспечиваемой секретным кодом.

Испытанный канал связи оказался весьма удобным в работе. Передатчик (А) и приемник (Б) имели размеры 48×48 см и подключались к стандартным оптико-волоконным линиям связи. Имеется также первый опыт передачи квантовых кодов между двумя горными вершинами на расстояние 23 км.

2. Квантовые системы определения расстояний до объекта и его местоположения

Использование квантовой когерентности и сцепленных квантовых состояний позволяет существенно улучшить системы позиционирования, а также радарные установки.

Известно, что позиционирование может быть осуществлено путем посылки к объекту импульсов и измерения промежутка времени, через которые эти импульсы достигли объекта. Точность этого определения зависит от числа импульсов, ширины их спектра и числа фотонов в импульсе. Если использовать частотно-сцепленные импульсы и измерять корреляцию между временами прибытия M импульсов, точность позиционирования можно увеличить в \sqrt{M} раз по сравнению со случаем, когда импульсы не сцеплены и имеют ту же ширину спектра. Более того, если применить технику сжатия импульсов [13], то можно добиться дальнейшего повышения точности в \sqrt{N} раз по сравнению со случаем, когда используется среднее число фотонов в импульсе, равное N . Таким образом, суммарный эффект может дать выигрыш в \sqrt{MN} раз. Одновременно значительно улучшается и защищенность процесса измерения. Математические доказательства указанного выигрыша приведены в работе [14].

Отмеченный положительный эффект определяется тем, что в данном случае используются не отдельные, независимые друг от друга импульсы, а жестко скоррелированные световым полем M фотонов, находящиеся в частотно-сцепленном квантовом состоянии.

Помимо позиционирования, аналогичным образом может быть улучшена и система синхронизации часов. Такая синхронизация обычно осуществляется путем обмена импульсами излучения между объектами, чьи часы должны быть синхронизированы, и измерения времени прибытия этих импульсов. Если скорость импульсов в среде известна, то времена их прибытия позволяют определять и относительное расположение самих объектов. Оценка выигрыша квантовой синхронизации также приведена в статье [14].

Помимо рассмотренных направлений, квантовая сцепленность уже применяется для улучшения интерферометрических приборов [15], приборов для измерения частоты [16], литографии [17], поисковых алгоритмов [18], квантовых вычислительных средств и компьютеров [5]. По сообщению еженедельника «Дефенс ньюс», министерство обороны США проводит масштабную программу исследований в области создания квантовых компьютеров. Бюджет этой программы составляет 19 млн. долларов [19].

Таким образом, круг прикладных работ по использованию квантовых эффектов, которые начались в 1980-90 гг. стремительно расширяется. Результатом этих работ является создание принципиально новых квантовых приборов и устройств со значительно улучшенными характеристиками по сравнению с их «классическими» аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aspekt A. et. al. // Phys.Rev. Lett. – 1980. – 4 5. – P. 617.
2. Aspekt A., Grangier R., Roger G. // Phys. Rev. Lett. – 1981. – 47. – P. 460.
3. Зельдович Б. Я., Клышко Д. Н. // Письма в ЖЭТФ. – 1969. – В. 9. – С. 69.
4. Burnham D. S., Weinberg D. .L. // Phys. Rev. Lett. – 1970. – 25. – С. 84.
5. Килин С. Я. //Квантовая информация. УФН 1999. – Т. 169. – № 5. С. 507–527.
6. Bonwmeester D., Pan J. W. et al. // Nature. – 1997.– Vol. 390. – P. 575.
7. Bonwmeester D., Pan J. W. et. al. // Phys. Rev. Lett. – 1999. – Vol. 82. – P. 1345.
8. Pan J. W., Bonwmeester D et. al. // Nature. – 2000. – Vol. 403. – P. 515.
9. Pan J. W., Daniell M. // Phys. Rev. Lett. – 2001. – 86. – P. 4435.
10. Vasiri A., Weihss G., Zeilinger A. Superpositions of the orbital angular momentum for applications in quantum experiments Electronic preprint quant. // ph/0111033, Los Alamos, 2001
11. Vasiri A., Weihss G., Zeilinger A. // Phys. Rev. Lett. 2002. – Vol. 89. – P. 240401.
12. Sticki D., Gisin N. et. al. Quantum key distribution over 67 km with plug and play system Electronic preprint quant // ph/02033118. – Los Alamos, 2002
13. Jacobson J., Biork G. et al // Phys. Rev. Lett. – 1995. – Vol. 74. – P. 4835.
14. Giovannetti V., Lloyd S., Maccone L. Quantum enhanced positioning and clock synchronization Electronic preprint quant // ph/0103006, Los Alamos, 2001.
15. Dowling J. P. // Phys. Rev. 1998. – Vol. 57. – P. 4736 .
16. Bollinger J. J., Itano W. W. Et. al // Phys. Rev. – Vol. 54. – P. 4649.
17. Boto A. N. et. al. // Phys. Rev. Lett. 2000. – Vol. 85. – P. 2733.
18. Glover L. K. et al. // Phys. Rev. Lett. – 1997. – Vol. 79. – P. 325.
19. Медведев Ю. Известия , 2000, 31 января.

P. I. Maleyev

Prospects for Creating the Quantum Navigation Systems

The principles of creating and the development state for the systems of information transfer, positioning, clock synchronization, and other systems, based on the completely novel, quantum phenomena, are considered.

**УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ПРИ РАБОТЕ
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА
НА МОРСКИХ ТРАССАХ, ПОКРЫТЫХ СЛОЕМ ЛЬДА**

А. А. ПЫЛАЕВ
(НИИ Радиофизики СПбГУ),
В. С. ТРЕГУБОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассматриваются искажения амплитудной и фазовой структуры радиосигнала СЧ диапазона при распространении над поверхностью моря, покрытой слоем льда. На основании анализа результатов ряда экспериментов, выполненных в числе прочих исследователей и авторами статьи, показано, что электрические свойства реального ледового покрова зависят от состояния льда и от сезона. Такой лед представляет собой сильно индуктивную структуру. Теоретические оценки показали, что ее параметры, а также их изменения приводят к значимым вариациям как амплитуды сигнала, так и скорости распространения радиоволн. В частности, дополнительное запаздывание сигнала (так называемая поправка) на расстояниях в сотни километров достигает нескольких периодов рабочей частоты, а частотная зависимость амплитуды сигнала приводит к сильному искажению его формы и, соответственно, к нарушению работы алгоритмов разрешения многозначности. Указанные явления нельзя не учитывать при проектировании, разворачивании и эксплуатации радионавигационных систем СЧ диапазона в условиях высоких широт.

Среднечастотный диапазон радиоволн широко используется при проведении радионавигационных работ в акваториях. Одним из направлений таких работ является определение координат потребителей посредством фазовых гиперболических радионавигационных систем типа БРАС, РС-10 и др. К основным их преимуществам относятся: значительная дальность действия, высокие точности и потенциально – мобильность. Все эти преимущества, однако, могут быть реализованы только при условии достаточной точности прогнозирования условий распространения радиоволн, что необходимо для решения двух классов задач. К первому относится выполнение требований к размещению передающих станций по критерию обеспечения заданной рабочей зоны действия системы (в основном – требуемой напряженности поля земной волны), ко второму – разработка методик расчета дополнительной фазы, т. е. поправок, учитывающих зависимость скоростей распространения радиоволн от ряда пространственно-временных факторов. В конечном счете, необходим надежный прогноз амплитуды и фазы принимаемых потребителем сигналов опорных станций системы. Эта задача в настоящее время успешно решается, если трассы распространения сигналов кусочно-однородные, а внутри каждого кусочка однородны по глубине. Тогда каждая трасса описывается длинами своих кусочков и их проводимостями, которые в настоящее время определяются с использованием априорной информации, изложенной в инструкции [1]. Однако для СЧ диапазона, наряду с однородными по глубине, зачастую характерны и двухслойные структуры. В этом случае важное значение имеет, в частности, правильный прогноз условий распространения радиоволн над морскими

трассами, покрытыми слоем льда. Особенность таких трасс в том, что они не могут быть заменены на эффективно-однородные, так как характер зависимости амплитуды и фазы принятого сигнала от расстояния и частоты для ледовых трасс принципиально иной, чем для трасс однородных. В настоящей статье приведены результаты анализа этих зависимостей и оценки их влияния на работу навигационных систем.

Для прогноза (расчета) условий распространения радиоволны над двухслойной трассой необходимо знание комплексного импеданса поверхности, который определяется фактически четырьмя физическими параметрами – известной проводимостью моря и, вообще говоря, неизвестными параметрами слоя льда – его толщиной, проводимостью и диэлектрической проницаемостью. Из-за неоднородной структуры ледовой поверхности указанные параметры могут иметь эффективный характер, поэтому их оценку целесообразно проводить путем решения обратной задачи по анализу амплитуды и/или фазы реального сигнала в диапазонах радиочастот, близких к требуемым. Такая обратная задача предполагает проведение экспериментов по измерению параметров сигналов, выполнение теоретических расчетов для выбранных моделей трасс и, наконец, выбор таких параметров этих моделей, которые обеспечивают наилучшее приближение расчетных параметров к экспериментальным. Теоретические вычисления радиополей выполнялись нами на основании математического аппарата, изложенного в работе [2] и реализованного в виде достаточно сложных программ. При этом важно отметить, что поскольку собственно для льда модуль импеданса не есть малое число, как этого требуют обычно используемые в теории распространения приближения, вычисление импеданса двухслойной структуры необходимо было выполнять по формулам, допускающим строгие предельные переходы к граничным параметрам льда, когда его комплексная диэлектрическая постоянная стремится, в том числе, и к единице. Это выполняется, если в качестве импеданса каждого слоя брать его выражение, соответствующее плоской волне, распространяющейся вдоль границы [3].

Использовались результаты обработки двух экспериментов. Авторами работы [4] с применением радионавигационной системы типа «Хай-Фикс» (несущая частота порядка 2 МГц) был выполнен большой объем разностно-фазовых измерений при размещении как станций системы, так и контрольных пунктов непосредственно на льду. При этом все требуемые расстояния были измерены геодезическими методами с высокой точностью (СКО менее 1 метра). Выполнив статистический анализ результатов этих измерений, нам удалось показать, что они наилучшим образом согласуются с моделью льда, который имеет проводимость $\sigma=10^{-4}$ Сим/м при диэлектрической проницаемости $\epsilon=40$. Отметим, что лед с такими свойствами на данной частоте близок к диэлектрику, так как здесь ϵ гораздо больше $60\lambda\sigma$, где λ – длина волны в метрах.

Другая серия исследований была выполнена нами при анализе амплитудных измерений земной волны финской радиовещательной станции на частоте 558 КГц. Прием производился на калибруемый приемник с магнитной антенной. Длина трассы составляла около 300 км. В основной своей части трасса проходила по Финскому заливу, проводимость которого можно считать известной с требуемой нам точностью. Поэтому в летнее время, т. е. при отсутствии ледового покрова, можно выполнить абсолютную калибровку всего аппаратного тракта, и тогда по зимним измерениям оценить абсолютное значение функции ослабления, сравнив его с предвычисленным при разных параметрах льда. Некоторая особенность эксперимента заключалась в том, что зимой даже в дневное время зачастую наблюдалась интерференция земного сигнала с отраженным от ионосферы. В этих случаях для разделения сигналов и измерения амплитуды чисто земного использовался метод максимального правдоподобия [5]. Обработка показала, что четко выделяются два «ледовых» периода. Для одного из них, чисто зимнего, модуль функции ослабления оказался равным 0,165, для другого, весеннего, – 0,215. Далее, на основании теоретических расчетов был построен рельеф функции ослабления в зависимости от двух оцениваемых параметров, то есть от ϵ и σ . Оказалось, что зимнее значение хорошо соответствует диэлектрической проницаемости льда $\epsilon \approx 1,6$ при его проводимости $\sigma < 10^{-5}$ Сим/м. Эти величины качественно согласуются с $\epsilon \approx 3,2$, найденной при лабораторных исследованиях для чистого льда [6]. Несколько меньшее значение полученной нами диэлектрической проницаемости легко объяснимо тем, что реальный лед не имеет сплошной структуры и, кроме того, покрыт слоем снега. А весеннее значение функции ослабления с хорошей точностью обеспечивается при диэлектрической константе и проводимости, найденных нами при анализе измерений по системе «Хай-Фикс» в тех же условиях. Таким образом, оценки параметров льда, выполненные разными методами, показали, что значения как ϵ , так и σ льда зависят, по крайней мере, от сезона. Эта зависимость имеет и очевидное физическое объяснение. Действительно, можно предположить, что при весеннем таянии льда происходит насыщение его водой с соответствующим резким увеличением как диэлектрической константы, так и проводимости.

Проанализируем, как будут изменяться характеристики распространения при таких вариациях свойств льда. На рис. 1 изображены рассчитанные нами значения дополнительного запаздывания сигнала на расстояниях до 500 км на частоте 1,8 МГц для трех трасс – чисто морской, покрытой «зимним» льдом и «весенним». Видно, что над ледовой трассой это запаздывание сильно растет с расстоянием, и если над морской трассой на расстоянии 300 км оно равно 0,16 мксек, то над «зимним» льдом оно составляет уже 0,82 мксек, а над «весенним» – 2,09 мксек, то есть приближается к четырем периодам рабочей частоты. Если не учитывать такое запаздывание, может произойти ошибка определения места в сотни метров. Такое увеличение задержки

распространения сигнала свидетельствует о том, что скорость распространения сигнала при наличии слоя льда резко падает. Причиной этого является то, что при наличии ледового покрова трасса становится сильно индуктивной (фаза импеданса менее -45°) и появляется медленная, так называемая «поверхностная» волна. Важным является и то, что необходим обязательный учет изменения свойств льда при переходе от зимы к весне, так как приращение дополнительного запаздывания сигнала при тающем льде даже превышает то, которое имеет место при переходе от чистой поверхности моря к «зимнему» льду!

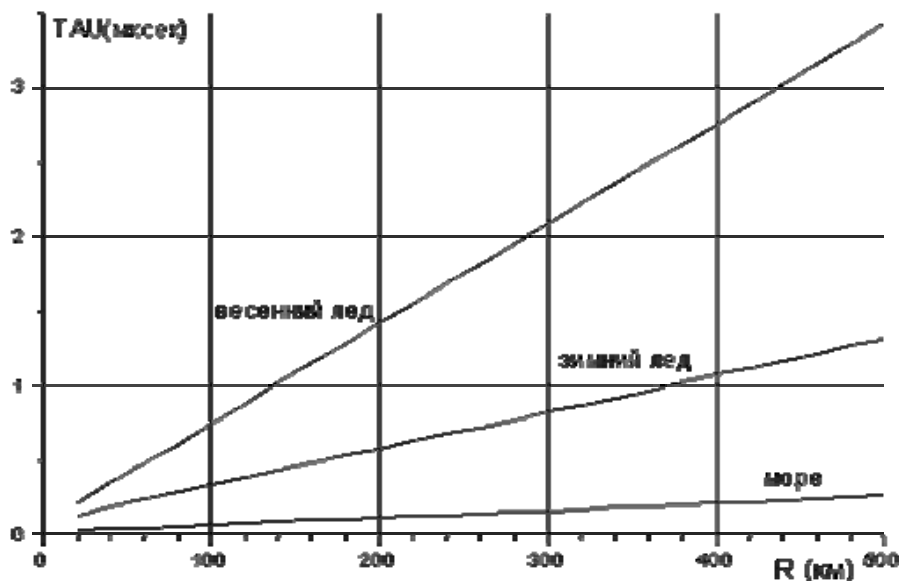
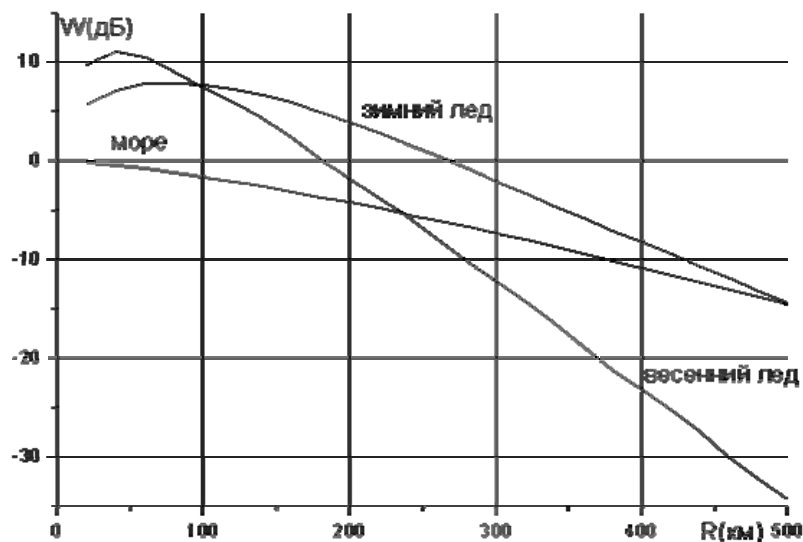


Рис. 1. Зависимость дополнительной фазы от расстояния

Еще одно обстоятельство, на которое хотелось бы обратить внимание, заключается в следующем. Как показали расчеты, при распространении сигнала над ледовой структурой имеет место сильная фазовая дисперсия, то есть отличие фазовой и групповой скоростей. Вследствие этого огибающая сигнала отстает от фазы его заполнения на величины, превышающие 2–3 периода, и игнорирование этого явления будет приводить к соответствующей потере однозначности фазового отсчета, а константы в алгоритме этого учета для «зимнего» и «весеннего» льда также существенно разные.

Рассмотрим для анализируемых ситуаций зависимости модуля функции ослабления от расстояния, то есть, по сути дела, амплитуды сигнала (соответствующие графики изображены на рис. 2). Из-за появления поверхностной волны амплитуда сигнала для ледовых трасс на небольших расстояниях от передатчика сначала даже превышает ее значения для чисто морской поверхности, а затем эта амплитуда падает, причем особенно резко для

«весеннего» льда, и на расстоянии 500 км она отличается уже на порядки. Пренебрежение этим обстоятельством ведет к существенному сокращению объявленной рабочей зоны и может привести к нарушению работы всей системы, если расстояния между станциями превышают 320 км (ненадежный прием на



ведомой станции сигнала ведущей из-за падения его уровня в два раза).

Рис. 2. Зависимость модуля функции ослабления от расстояния

Другое обстоятельство, которое надо учитывать при распространении сигнала над ледовой трассой, состоит в том, что в таком случае сильнее проявляется частотная зависимость амплитуды, то есть амплитудная дисперсия. Расчеты показывают, что падение амплитуды может составлять 10 дБ при увеличении частоты на 200 КГц. Физически это приводит к тому, что, наряду с исходным сигналом, приходит продифференцированный, и если разрешение многозначности выполняется и по положению огибающей сигнала, то из-за такой дисперсии ее максимум смещается, и в указанных условиях величина такого смещения имеет порядок половины длительности сигнала. Если не учитывать (или неправильно учитывать) данное явление, это также приведет к неправильному разрешению многозначности фазового отсчета.

В заключение хотелось бы подчеркнуть, что приведенные здесь значения диэлектрической проницаемости и проводимости льда не есть «истина в последней инстанции». Они, несомненно, подлежат уточнению в процессе дальнейших исследований, поэтому следует обратить внимание на то, что при практическом использовании навигационных систем они изменяются и требуют обязательного учета, и в частности корректировки в реальном времени.

Авторы благодарят ведущего программиста НИИ Радиофизики СПбГУ Л. Г. Тамкун за разработку использованных нами программ расчета функции ослабления радиоволн над слоистыми структурами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по использованию базовой автоматизированной радионавигационной системы высокой точности РС-10. СПб.: ГУНИО МО РФ, 1994. – 60 с.
2. Макаров Г. И., Новиков В. В., Рыбачек С. Т. Распространение электромагнитных волн над земной поверхностью. М.: Наука, 1991. – 196 с.
3. Косткин П. М. и др. О применимости импедансных граничных условий в ДВ-СВ диапазоне частот на двуслойных трассах. В сб. Распространение километровых и более длинных волн. Тезисы докладов VIII межведомственного семинара. – Томск: 1991. – 98 с.
4. Елисеев Б. В. и др. Из опыта применения радионавигационной системы в зимнее время. // Геодезия и картография – 1985. – № 12. – С. 26–29.
5. Пылаев А. А., Яневич Ю. М. Оценка амплитуды отраженного от ионосферы сигнала на основе статистического анализа его смеси с земным сигналом // Вестник СПбГУ. – 2003. – Сер. 4. – Вып. 2 (№ 12). – С. 124–128.
6. Маэно М. Наука о льде. – М.: Мир, 1988. – 229 с.

A. A. Pylaev,

V. S. Tregubov

Taking into Account the Specific Features of Radiowave Propagation for MF Navigation Systems Operating on the Ice-covered Sea Routes

The distortions of the amplitude and phase structure of MF radio signal when it propagates over the ice-covered sea surface are considered. Based on the analysis of a number of experiments, it is shown that the electric properties of a real ice cover depend on the state of ice and, in particular, on the season. Such ice is a strongly-inductive structure and the theoretical estimates have shown that its parameters, as well as their change result in considerable variations of both the signal amplitude and the velocity of radio wave propagation. In particular, the additional signal delay (the so-called correction) for distances of hundreds of kilometers reaches several cycles of operating frequency and the frequency-amplitude dependence of the signal results in strong distortion of its form and, correspondingly, in distortion of operation of multivalued resolution algorithms. The above-mentioned phenomena are to be taken into account when the MF radionavigation systems are designed, deployed and operated in the conditions of high latitudes.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ
НОВЫХ СВЕТООПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ
НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Г. А. КАЛОШИН,
С. А. ШИШКИН**
(ИОА СО РАН)

Рассматриваются методические вопросы, возникающие при разработке методик расчета дальности видимости светооптических систем, работающих в приземном слое морской и прибрежной атмосферы. Обосновывается необходимость разработки новых методик, связанных с появлением новых светодиодных и лазерных источников света в зрительных средствах навигационного оборудования (СНО). Рассматриваются имеющиеся микрофизические модели морского и прибрежного аэрозоля и особенности разработанной модели. Приводятся результаты расчетов спектральной прозрачности, высотных профилей коэффициентов аэрозольного ослабления дымок приземного слоя морской и прибрежной атмосферы. Приводятся полученные с помощью разработанного программно-технологического пакета Range V.1 примеры расчета дальности видимости для светодиодных и лазерных источников света и для классных маяков, светящихся береговых и плавучих СНО. Обсуждаются возможности применения пакета в других областях.

Введение

Несмотря на наличие разнообразных методик расчета дальности видимости светооптических систем, работающих в приземном слое атмосферы, в частности светооптических аппаратов зрительных СНО, существует необходимость дальнейшего совершенствования имеющихся методов и подходов. Это обусловлено появлением новых светодиодных и лазерных источников света [1–5] и изменяющимися представлениями о микрофизическом составе аэрозоля, который, как известно, в основном определяет возможности видения объектов и огней в приземном слое морской и прибрежной атмосферы [6–10].

Необходимость разработки данных методик расчета актуальна и для оценки эффективности выполнении поисково-спасательных работ при обеспечении наведения и стыковки спасательных средств с аварийными аппаратами, оснащенными светодиодными и лазерными сигнальными источниками света.

Кроме того, методики могут явиться эффективным средством при оценках уязвимости корабля от береговых оптико-локационных станций и возможностей наступательных средств с наведением в оптическом диапазоне.

Ниже предпринята попытка изложения данной проблемы с методических позиций с учетом потребностей практики и последних результатов в оптике приземного слоя морской и прибрежной атмосферы и с учетом появления новых источников света.

Существующие методы

Имеющиеся методы оценки дальности видимости зрительных СНО, обобщенные в соответствующих руководящих документах Гидрографической службы России ИНО-2000 [11] и МАМС [12], основаны на приближенном решении уравнения переноса излучения без учета кратного рассеяния:

$$\frac{dI}{dr} = -\varepsilon(\lambda)I + \frac{\alpha(\lambda)}{4\pi} \int_{4\pi} I \cdot f(\beta) d\beta, \quad (1)$$

где I – сила света, r – расстояние, $\varepsilon(\lambda)$ $\alpha(\lambda)$ и – показатели ослабления и рассеяния соответственно, $f(\beta)$ – индикатриса рассеяния. При этом в уравнении переноса для силы света ограничиваются только первым членом в правой части формулы (1) без учета кратного рассеяния, описываемого вторым членом.

Кроме этого, имеется ряд других методик [13–15]. К числу наиболее известных принадлежит пакет программ Spak (ГОИ) [14]. Методика основана на известном уравнении Аллара, согласно которому, для освещенности на зрачке глаза, создаваемой источником силой света I , уравнение (1) записывается в виде

$$E = \frac{I}{r^2} e^{-\alpha(\lambda)r}, \quad (2)$$

где $\alpha(\lambda) = 3/S_m$, S_m – метеорологическая дальность видимости.

Методика МАМС [12] также основана на уравнении Аллара с той лишь разницей, что в величине силы света I учтено влияние вуалирующего характера атмосферной дымки.

Данные методы предполагают, что в приземном слое с позиций видимости атмосфера однородна по высоте. Поэтому в качестве параметра, характеризующего прозрачность приземного слоя морской и прибрежной атмосферы в видимом диапазоне, принята метеорологическая дальность видимости.

Между тем, экспериментальные данные, полученные за последние 15–20 лет для морских и прибрежных атмосферных дымок, являющихся наиболее типичным состоянием атмосферы с повторяемостью 90% для большинства географических районов, изменили представления о микрофизическом составе аэрозоля. В частности, было выявлена существенная зависимость коэффициента аэрозольного ослабления как функции высоты над морской поверхностью. Выявлена также сильная зависимость коэффициента аэрозольного ослабления от ветрового режима, от величины области разгона волн (параметр Fetch) – генератора крупнодисперсной фракции морского аэрозоля. В имеющихся отечественных методиках и пакетах программ, а также методике МАМС эти факты не нашли своего отражения. Кроме того, имеющиеся методы оценки дальности видимости зрительных СНО выполнены для традиционных тепловых источников света, которые имеют относительно широкий спектральный состав для конкретного цвета огня и в

ряде случаев – значительную апертуру излучения. В то же время ширина линии излучения новых источников света светодиодных, и особенно лазерных, существенно меньше. Меньше и апертура излучения. Имеются и другие отличия, связанные с характеристикой огня. Кроме того, для таких источников отсутствуют общепринятые статистически обеспеченные пороговые характеристики зрения.

Насколько нам известно, в настоящее время соответствующие зарубежные регламентирующие материалы оценки дальности видимости светооптических аппаратов на основе светодиодных и лазерных источников света находятся в стадии разработки [16].

Основные особенности предлагаемого подхода

Ключевым элементом предлагаемого подхода при рассмотрении методических вопросов, связанных с расчетом дальности видимости новых светооптических систем, является микрофизическая модель морского и прибрежного аэрозоля приземного слоя атмосферы, разработанная авторами совместно со специалистами Тулонского университета (Франция) в рамках совместных исследований особенностей пограничного слоя атмосферы при взаимодействиях океан-континент-атмосфера. Данная модель основана на массивах многолетних экспериментальных данных, полученных в разное время года для Балтийского, Средиземного и Северного морей при исследованиях микрофизического и химического состава аэрозоля прибрежной зоны. Модель соответствует современному уровню знаний в данной области и адекватно описывает микрофизический состав атмосферы приземного слоя.

Следует отметить, что в течение последних 15–20 лет Министерство обороны, Военно-морской флот, агентство по изучению космического пространства Америки, аналогичные структуры НАТО и Европейского Союза в кооперации интенсивно развивают исследования особенностей прохождения оптического излучения в приземном слое морской и прибрежной атмосферы.

Цель этих исследований состоит в разработке компьютерных вариантов методик для оценки дальности действия различных сигнальных систем, оценки эффективности противодействия и эффективности применения, а также оценки устойчивости корабля к различным средствам слежения и наступательным средствам. Основным элементом этих исследований является разработка микрофизической модели морского и прибрежного аэрозоля пограничного слоя атмосферы. К настоящему времени разработан ряд таких зарубежных моделей. Область их действия приведена на рис.1.

В отличие от имеющихся моделей, в частности от широко используемой микрофизической модели морского аэрозоля приземного слоя атмосферы NAM, которая основана на массиве экспериментальных данных, полученных на высоте палубы 10–12 м, наша модель MaexPro 2.0 (Marine Aerosol Extinction version 2.0) выполнена для спектра размеров частиц 0,01–100 мкм по радиусу и развита для диапазона высот 0–25 м.

**Аэрозольные модели
пограничного и приземного слоя
морской и прибрежной атмосферы**

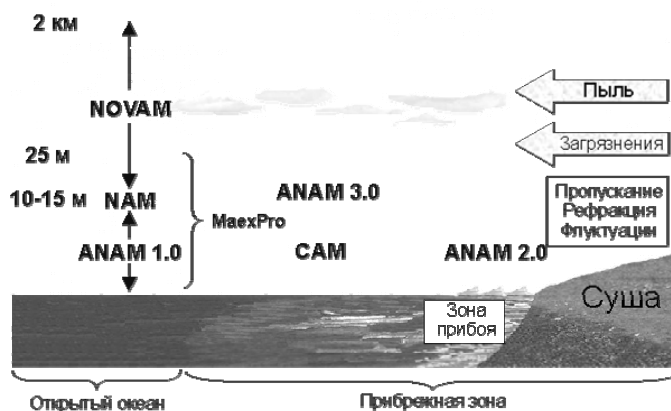


Рис. 1. Существующие микрофизические модели морского и прибрежного аэрозоля приземного слоя атмосферы

Данная модель имеет ряд принципиальных особенностей

Прежде всего модель описывается четырехмодальной функцией распределения частиц по размерам в отличие от трехмодальной модели NAM и записывается в виде суммы четырех логнормальных функций:

$$N(r) = \frac{dN(r)}{dr} = \sum_{i=1}^4 \frac{A_i}{f} \exp\left(-C_i \left(\ln\left(\frac{r}{f \cdot r_{oi}}\right)\right)^2\right), \quad (3)$$

где A_i – параметр амплитуды, C_i – ширина и r_{oi} – модальный радиус i -той моды, которые записываются в виде следующих выражений:

$$\begin{aligned} A_1 &= -24350 \ln X + 345901; & C_1 &= -0,19 \ln X + 3,2; & r_{01} &= 0,03 \mu\text{m}; \\ A_2 &= 10^{((0,03 \ln X - 0,282)U - 0,385 \ln X + 5,25)}; & C_2 &= -0,148 \ln X + 2,883; & r_{02} &= 0,24 \mu\text{m}; \\ A_3 &= 10^{((0,045 \ln X - 0,398)U - 0,47 \ln X + 3,25)}; & C_3 &= -0,295 \ln X + 4,55; & r_{03} &= 2 \mu\text{m}; \\ A_4 &= 10^{((0,0095 \ln X - 0,0593)U - 0,1424 \ln X + 4,3417)}; & C_4 &= 15; & r_{04} &= 10 \mu\text{m}, \end{aligned}$$

где f представляет фактор изменения относительной влажности,

X – величина Fetch,

U – скорость ветра.

Параметры амплитуды A_i характеризуют собой следующие компоненты:

A_1 – континентальный компонент, вносимый воздушной массой вблизи поверхности воды;

A_2 – постоянный компонент, определяемый усредненным за сутки ветром;

A_3 – компонент, определяемый текущим ветром в приводном слое;

A_4 – новый компонент, определяемый текущим ветром и параметром Fetch в приводном слое.

Имеются также отличия от моделей NOVAM, ANAM и CAM, связанные с видом записи параметров амплитуды A_i .

Вид функции распределения частиц по размерам (3) показан на рис. 2.

При использовании известных решений из теории Ми для сфер, данная микрофизическая модель позволяет выполнять вычисления коэффициента аэрозольного ослабления в приводном слое морской атмосферы. Эти решения основаны на следующих соотношениях между функцией распределения частиц по размерам dN/dr и аэрозольным ослаблением $\varepsilon(\lambda)$:

– коэффициент ослабления

$$\varepsilon(\lambda) = \int_{r=0}^{r=\infty} K(\rho, m) \frac{dN(r)}{dr} \pi r^3 dr ; \quad (4)$$

– коэффициент рассеяния

$$\alpha(\lambda) = \int_{r=0}^{r=\infty} K_p(\rho, m) \frac{dN(r)}{dr} \pi r^3 dr ; \quad (5)$$

– коэффициент поглощения

$$\varepsilon(\lambda) - \alpha(\lambda). \quad (6)$$

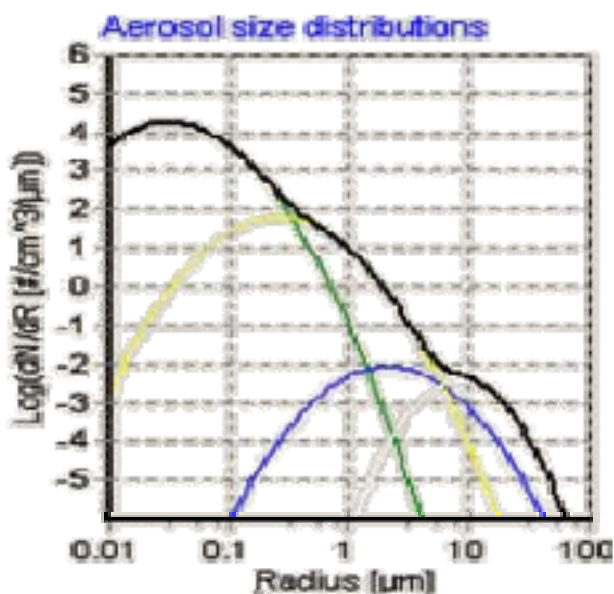


Рис. 2. Распределение аэрозольных частиц по размерам в приземном слое морской и прибрежной атмосферы

Здесь $K(\rho, m)$ и $K_p(\rho, m)$ – коэффициенты Ми (факторы эффективности ослабления и рассеяния), где m – относительный показатель преломления, а $\rho = 2\pi r/\lambda$ – относительный размер частицы.

Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев в приземном слое морской и прибрежной атмосферы различия между $\varepsilon(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$ и не выходят за рамки инструментальных ошибок. Точность расчета коэффициентов аэрозольного ослабления по выражениям (3–5) составляет 5%.

Результаты

На основе разработанной микрофизической модели с использованием известных решений Ми разработана предварительная программа MaexPro 2.0 для расчета спектральных профилей коэффициентов аэрозольного ослабления $\alpha(\lambda)$ в диапазоне длин волн 0,2–14 мкм с разрешением по длине волны излучения $\Delta\lambda = 0,001$ мкм, при изменении скорости ветра в диапазоне 0–18 м/с, величины параметра Fetch до 120 км, относительной влажности в диапазоне 40–98% в приземном слое морской и прибрежной атмосферы для горизонтальных трасс. Интерфейс программы MaexPro 2.0 представлен на рис. 3. На рис. 4 показан пример расчета аэрозольных коэффициентов ослабления на высоте 20 м в спектральном диапазоне 0,2–12 мкм для следующих значений метеопараметров: скорость ветра $V = 3,3$ м/с, изменение относительной влажности от 66% до 90%, Fetch = 30 км.

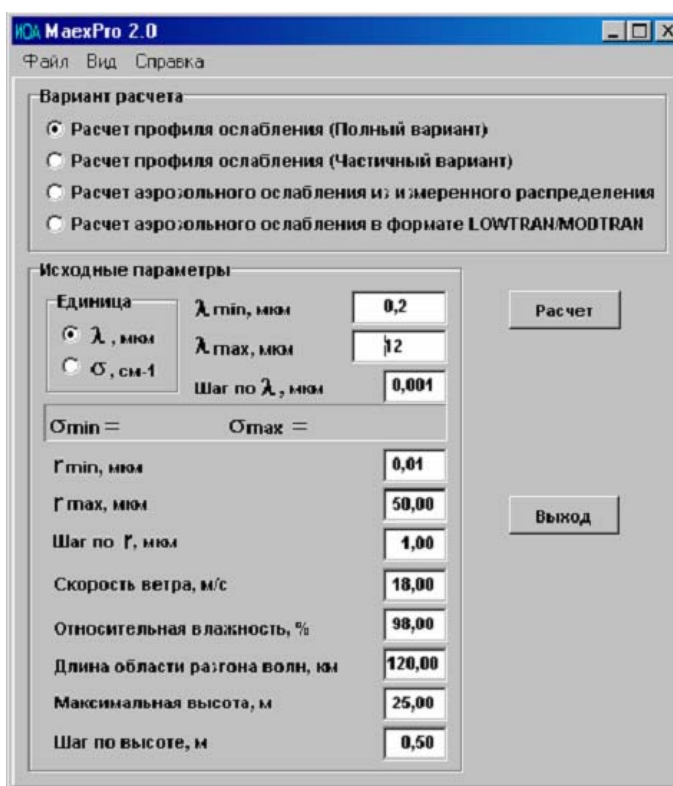


Рис. 3. Оболочка программы MaexPro 2.0 для расчета спектральных профилей коэффициентов аэрозольного ослабления морской и прибрежной атмосферы

Согласно данной модели в соответствии с имеющимся экспериментальным профилем результаты расчетов показывают, что при изменении высоты трассы прохождения излучения в приземном слое коэффициент аэрозольного ослабления может изменяться более чем в 10 раз в спектральном диапазоне 0,2–12 мкм. Этот факт иллюстрируется рис. 5.

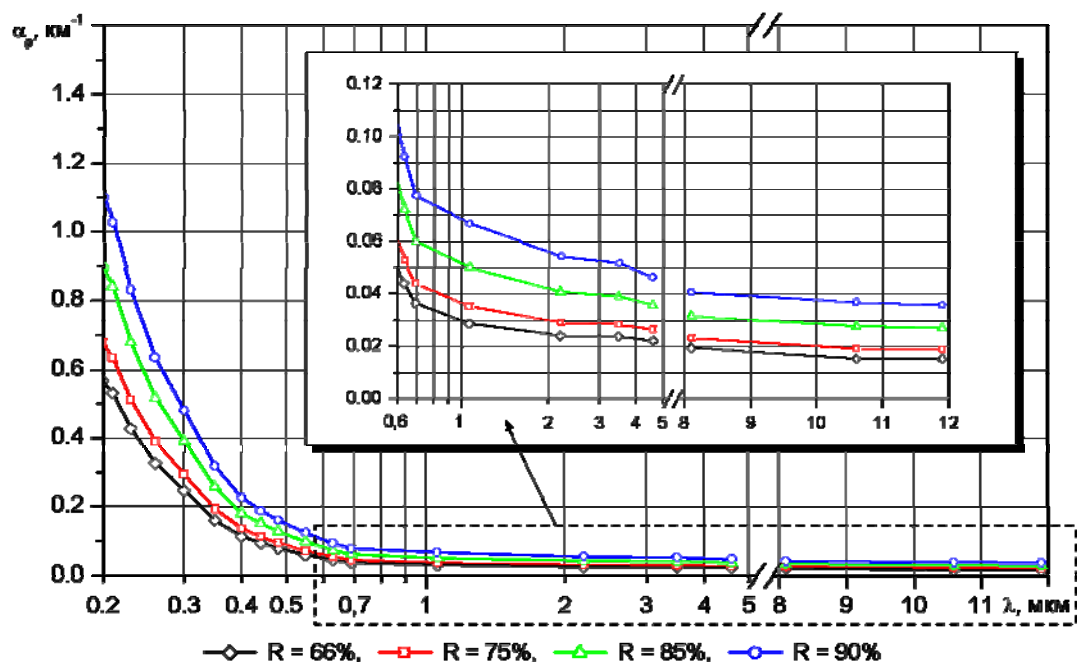


Рис. 4. Спектральная зависимость коэффициентов аэрозольного ослабления на высоте 20 м для Fetch=30 км и скорости ветра V=3,3 м/с при различной относительной влажности

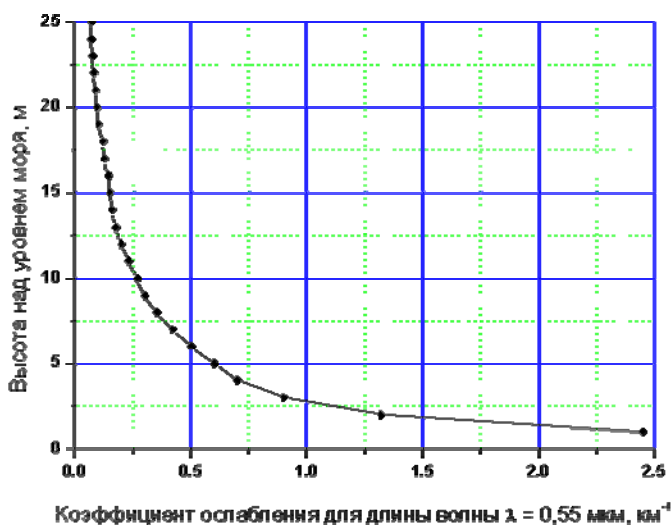


Рис. 5. Пример высотного профиля аэрозольного коэффициента ослабления для длины волны $\lambda = 0,55$ мкм

Следует отметить, что результаты, полученные с помощью MaexPro 2.0, хорошо согласуются с экспериментальными данными по спектральной прозрачности, которые получены базовым методом в различных географических районах.

Кроме того, разработанная программа MaexPro 2.0 позволяет получать данные о профилях аэрозольного коэффициента ослабления в ультрафиолетовой области спектра в диапазоне 0,2–0,4 мкм, к которому в последнее десятилетие проявляется значительный интерес при решении, например, таких задач, как дальнометрирование. Это обусловлено тем, что УФ область спектра характеризуется минимальной величиной естественных фонов, наличием достаточно чувствительных фотоприемников на основе Si, CdS, GaAsP, GaP, CsTe, GaN и таких коммерческих твердотельных лазеров, как лазер на александрите с генерацией на 3-ей гармонике $\lambda = 0,24\text{--}0,28$ мкм; Nd:YAG лазер с генерацией на 4-ой гармонике $\lambda = 0,266$ мкм и генерацией на 5-ой гармонике $\lambda=0,213$ мкм, а также Ti:sapphire лазер с генерацией на 2-ой и 3-ей гармонике с длинами волн излучения в диапазонах $\lambda=0,36\text{--}0,46$ мкм и $\lambda=0,25\text{--}0,3$ мкм соответственно. Кроме того, представляют также интерес молекулярный N₂ лазер с генерацией на $\lambda=0,3371$ мкм и эксимерный лазер XeCl с $\lambda=0,308$ мкм.

На основе разработанной микрофизической модели морского и прибрежного аэрозоля приземного слоя атмосферы и программы MaexPro 2.0 разработан предварительный программно-технологический пакет программ Range V.1 для расчета как дальности видимости, так и необходимой силы света. С его помощью можно осуществлять расчеты не только для светодиодных и лазерных источников света, но и для классных маяков, светящихся береговых и плавучих СНО.

Интерфейс Range V.1 приведен на рис. 6, где в качестве примера показан результат расчета дальности видимости для ночных условий однопостового одноцветного лазерного маяка со следующими основными параметрами излучения: длина волны – 0,63 мкм; расходимость лазерного пучка – 10°; выходная мощность излучения – 15 мВт.

Следует отметить, что в завершеном виде данный программно-технологический пакет позволит получать данные и для решения других задач, связанных с расчетом и прогнозом вариаций сигнала на входном зрачке оптико-электронных приборов различного назначения. Прежде всего это относится к оценке условий и эффективности применения светооптических систем в неблагоприятной фоно-целевой обстановке:

- при обнаружении и распознавании надводных, береговых и воздушных целей прицельными оптико-локационными станциями и авиационным оборудованием;
- при дистанционном наблюдении за объектами при искусственном и естественном освещении при наличии организованных помех в ночных условиях и в условиях плотных приземных дымок морской и прибрежной атмосферы;
- при определении уязвимости корабля от береговых пеленгационных систем и средств поражения в спектральном диапазоне 3–5 и 8–12 мкм.

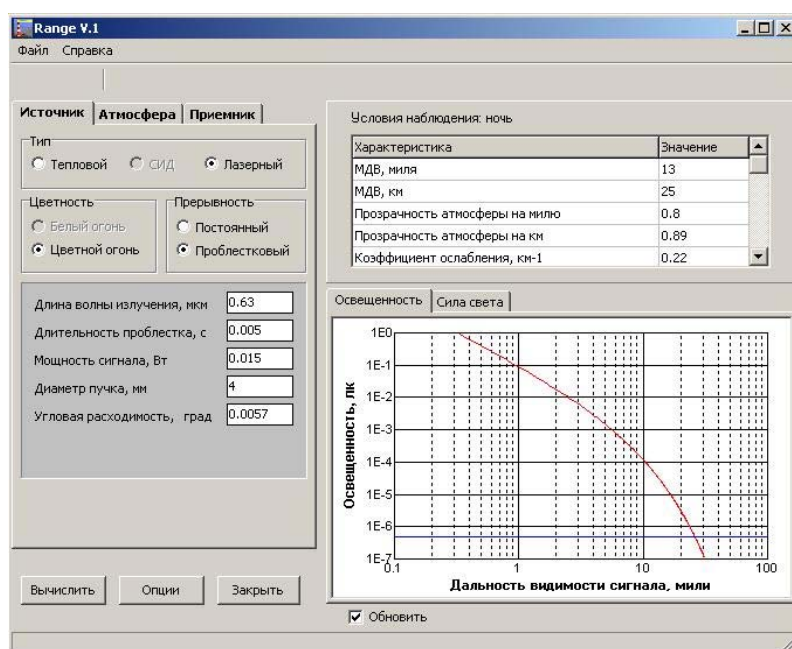


Рис. 6. Предварительный интерфейс программно-технологического пакета Range V.1 для расчета дальности видимости зрительных СНО на основе светодиодных, лазерных, традиционных источников света в реальных условиях эксплуатации

Кроме того, пакет программ Range V.1 может найти применение для оценки эффективности выполнения поисково-спасательных работ при обеспечении наведения и стыковки спасательных средств с аварийными аппаратами, оснащенными сигнальными светодиодными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaloshin G. A., Gordienko A. I. Laser Aids to Navigation (methods) // IALA Bulletin, 2003/3. – P. 46–51.
2. Kaloshin G. A., Gordienko A. I. Laser Aids to Navigation (technologies) // IALA Bulletin, 2004/1 (in press).
3. Jacobs P. F., Winslow T. S., Campbell J. D. and Reynolds L. Design, development, and testing of two prototype maritime laser aids to navigation // Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng. – 1885. – V. 540. – P. 555–559.
4. Stephens N. Canada Positioned to Save Life and Money with Laser Technology // IALA Bulletin, 2000/1. – P. 29–32.
5. Nitta T. Development of New Aids to Navigation System by Laser // Proc. XVth Conf. of the IALA, 2002. – P. 19–25.
6. Piazzola J., Van Eijk A. M. J., and G. De Leeuw. An extension of the Navy Aerosol Model to coastal areas // Optical Engineering. – 2000. – 39, 6. – P. 1620–1631.
7. Eijk A. M. J. van, Leeuw G. De, Gathman S.G. The vertical distribution of large aerosol in the marine surface layer // Journal of Aerosol Science. – Vol. 30. – 1 Sept. 1999. – P. 59–60.
8. Alexeev A. V., Kaloshin G. A., Shishkin S. A. Some results of modeling the microphysical characteristics of the marine and coastal aerosol // Proc. X Joint International Symposium «Atmospheric and ocean optics. Atmospheric physics», Tomsk, IAO SB RAS. – 2003. – P. 112.
9. Alexeev A., Kaloshin G. Influence of microphysical characteristics volatility of aerosol on a spectral transperance in the surface boundary layer of the atmosphere // Proc. European Aerosol Conference (EAC2003), 31 August – 5 September 2003, Madrid, Spain. – P. 40.
10. Piazzola J., Kalosin G. Development of the Mediterranean extinction code (MEDEX), Optical Engineering. (in press).
11. Инструкция по навигационному оборудованию (ИНО-2000). – СПб.: ГУНИО МО, 2001.

12. The IALA Navguide. – 4th edition. – 2002.
13. Киселева М. С., Голованов С. М., Казбанов В. А. и др. Современные программы расчета спектральной и интегральной прозрачности атмосферы в области спектра 0,2–25,0 мкм для решения проблем дистанционного зондирования атмосферы, наблюдения объектов сквозь атмосферу и задач навигации. – Сб. док. IV Росс. научно-техн. конф. «Современное состояние, проблемы навигации и океанографии» (НО-2001), 6–9 июня 2001 г. – Т. 2. – СПб.: ГНИНГИ, 2001. – С. 315–316.
14. Филиппов В. Л., Макаров А. С., Иванов В. П. Оптическая погода в нижней тропосфере. – Казань: Изд-во «Дом печати», 1998. – 183 с.
15. Оптические свойства прибрежных атмосферных дымок/ Кабанов М. В., Панченко М. В., Пхалагов Ю. А. и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988. – 201 с.
16. Kruuse T. The Role of IALA when we see Development with in Aids to Navigation (IALA) // Proc. The Meeting of Experts on Advanced Navigational Aids System, 11–14 November 2002, Tokyo, Japan. – P. 129–130.

G. A. Kaloshin,

S. A. Shishkin

Methodical Problems of Calculating the Detectable Distance for New Light-Optical Systems of Visual Aids to Navigation

The methodical questions arising in development of calculation methods for detectable distance of light-optical systems operating in marine atmospheric surface layer are considered. The necessity to develop the new methods connected with introduction of new light-emitting diode and laser light sources in visual aids to navigation is proved. Available microphysical models of marine atmospheric surface layer aerosol and features of the developed model are considered. Results of calculations of spectral transparency, high-altitude profiles of aerosol smokes in marine atmospheric surface layer are presented. Examples of calculation of detectable distances for light-emitting diode and laser light sources for the lighthouses, lighted coastal and floating aids to navigation, received with the help of the developed program-technological package Range V.I are given. Other possible fields of application are discussed.

ГРНТИ: 89.29.65

РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ГЛОНАСС/GPS «БРИЗ – КД»

**С. М. БУБЛИК,
Ю. В. ТОКАРЕВ**
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье описаны полученные на государственных испытаниях технические характеристики корабельной навигационной аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS со встроенным приемником корректирующей информации морской дифференциальной подсистемы для надводных кораблей и судов ВМФ «Бриз-КД», а также приемника корректирующей информации морской дифференциальной подсистемы спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS.

С 25 по 29 ноября 2002 г. комиссия с участием представителей ГНИНГИ МО РФ провела государственные испытания опытных образцов навигационной аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем (НАП СНС) ГЛОНАСС/GPS со встроенным приемником корректирующей информации

морской дифференциальной подсистемы для надводных кораблей и судов ВМФ «Бриз-КД» (индекс 14Ц815) и приемника корректирующей информации (ПКИ) морской дифференциальной подсистемы спутниковых навигационных систем (МДПС СНС) (индекс 14Ц816). Испытания проводились по программе и методикам, разработанным ГНИНГИ МО РФ.

При проведении испытаний основное внимание уделялось проверке выполнения требований по назначению и требований по техническим характеристикам аппаратуры в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. Испытания проводились на борту гидрографического судна ГС-403 в акватории Финского залива.

В процессе испытаний НАП СНС по проверке выполнения требований по назначению установлено, что аппаратура осуществляет:

- автоматическую выработку значений текущих координат и вектора путевой скорости по радиосигналам СНС ГЛОНАСС (код стандартной точности) и GPS (C/A код), при их совместной и раздельной обработке в абсолютном режиме, а также при работе в зоне действия МДПС СНС ГЛОНАСС/GPS – в дифференциальном режиме;
- индикацию значений текущих координат и вектора путевой скорости и выдачу внешним потребителям текущих координат в системе координат 42 года, на общеземном эллипсоиде, в системе координат WGS-84 или в системе, параметры которой вводятся оператором;
- прием и хранение альманахов СНС ГЛОНАСС и GPS (при отключении питания данные альманаха сохраняются в ДЗУ);
- решение задачи определения координат по серии навигационных измерений на неподвижном основании;
- индикацию значений оценок точности определения текущих координат;
- прием сигналов навигационных спутников (НС) с углами места от 5 градусов;
- автоматический выбор созвездия НС и распределение приемных каналов НАП между НС;
- отображение признаков режимов работы;
- расчет даты и времени прихода в заданную точку при движении по локсодромии или ортодромии;
- расчет скорости движения в заданную точку по времени прихода при движении по локсодромии или ортодромии;
- индикацию значений локсодромического и ортодромического расстояний и направлений между двумя введенными маршрутными точками;
- сигнализацию при подходе корабля на заданное сигнальное расстояние к маршрутной точке;
- выработку параметров отклонения от маршрута (при уклонении корабля от оси фарватера на величину более введенного допустимого значения срабатывает звуковая и световая сигнализация);
- сохранение текущих координат в качестве маршрутной точки;
- прием и использование корректирующей информации, передаваемой МДПС, сохранение в долговременном запоминающем устройстве альманахов радиомаяков.

Аппаратура «Бриз – КД» обеспечивает возможность ввода оператором координат 500 маршрутных точек и формирование с их использованием 20 маршрутов (фарватеров).

Аппаратура ПККИ обеспечивает:

- автоматический поиск сигналов передаваемых МДПС СНС ГЛОНАСС/GPS;
- прием, обработку и выдачу в изделие «Бриз-К» (индекс 14Ц811) кадров корректирующей информации МДПС СНС ГЛОНАСС/GPS по интерфейсу RS-232 со скоростями 4800, 9600 бит/с;
- настройку на поиск сигналов МДПС СНС ГЛОНАСС/GPS по значениям (частота, скорость передаваемой информации), задаваемым оператором изделия «Бриз-К»;
- выдачу в изделие «Бриз-К» значений текущих настроек (частота, скорость передаваемой информации) и характеристик принимаемого сигнала (уровень сигнала, отношение сигнал/шум);
- индикацию статуса приема корректирующей информации.

Оценки точностных характеристик определения координат места и скорости, полученные в процессе испытаний аппаратуры «Бриз-КД» и «Бриз-К» при использовании совместно с ПККИ, представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Точность определения навигационных параметров НАП «Бриз-КД» в дифференциальном режиме

	Режим работы		
	Дифференциальный режим ГЛОНАСС	Дифференциальный режим GPS+ГЛОНАСС	Дифференциальный режим GPS
Оценка СКП определения координат (м)	1,3	0,9	1,3
Оценка СКП определения скорости (уз)	0,15	0,15	0,12
Кол-во НС в обработке	4	6–9	6–9
Время устаревания КИ (с)	4–10	3–9	3–8

Таблица 2

Точность определения навигационных параметров НАП «Бриз-К» при использовании совместно с ПККИ

	Режим работы	
	Дифференциальный режим GPS	Дифференциальный режим GPS+ГЛОНАСС
Оценка СКП определения координат (м)	1,0	1,3
Оценка СКП определения скорости (уз.)	0,1	0,12
Кол-во НС в обработке	7–13	4–13
Время устаревания КИ (с)	4–8	4–10

Условия проведения испытаний: скорость корабля переменная – от 12 до 0 и от 0 до 12 уз.; качка до 7 град.; рыскание до 3 град.; циркуляции корабля до 5 рад./с. Данные определений НАП синхронно регистрировались на ПЭВМ с дискретностью 1 с. Эталонные значения определяемых координат места

рассчитывались как среднее по результатам определений трех приборов, приведенных к одному моменту времени.

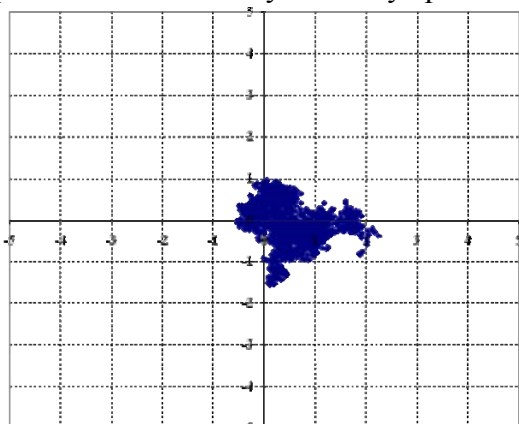


Рис. 1. Мишень работы НАП «Бриз-КД». Дифференциальный режим ГЛОНАСС

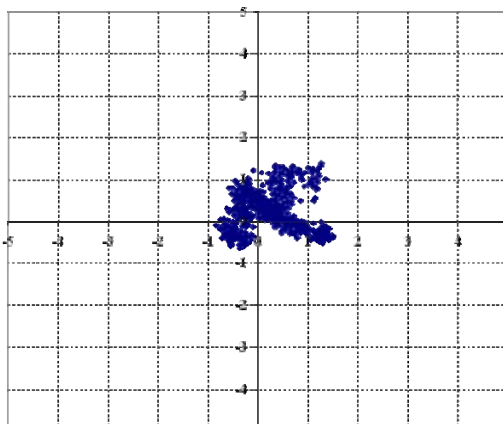


Рис. 2. Мишень работы НАП «Бриз-КД». Дифференциальный режим GPS+ГЛОНАСС

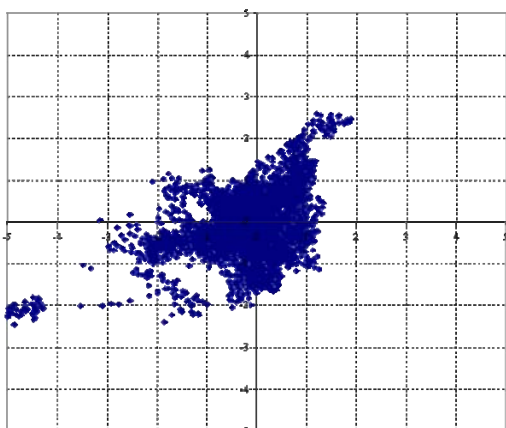


Рис. 3. Мишень работы НАП «Бриз-КД». Дифференциальный режим GPS

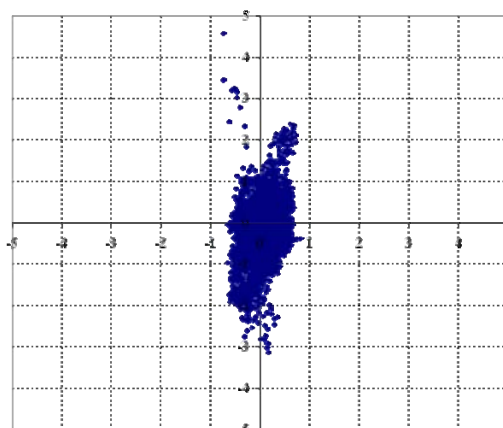


Рис. 4. Мишень работы НАП «Бриз-К» с ПКИ. Дифференциальный режим GPS

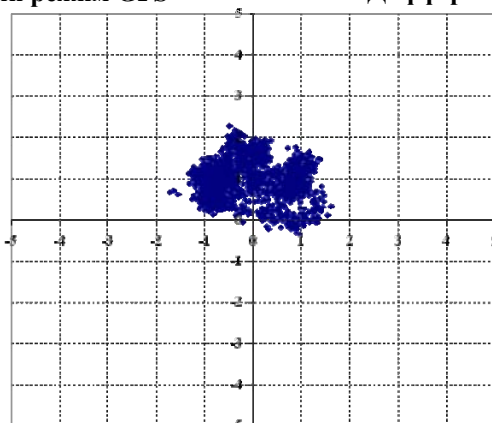


Рис. 5. Мишень работы НАП «Бриз-К» с ПКИ. Дифференциальный режим GPS+ГЛОНАСС

На рис. 1–5 представлены отклонения текущих координат места (в метрах) от эталонных значений для различных режимов работы аппаратуры.

Таким образом, навигационная аппаратура потребителей «Бриз-КД» в реальных условиях плавания корабля при качке, рыскании и циркуляции с указанными выше характеристиками обеспечивает требуемую техническим заданием точность выработки навигационных параметров (СКП 5 м по месту и 0,2 уз по скорости), а ПКИ обеспечивает работу НАП «Бриз-К» в дифференциальном режиме.

Проведенные государственные испытания навигационной аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS со встроенным приемником корректирующей информации морской дифференциальной подсистемы для надводных кораблей и судов ВМФ «Бриз-КД» и приемника корректирующей информации морской дифференциальной подсистемы спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS подтвердили соответствие их требованиям технического задания. Данная аппаратура может быть принята на снабжение ВМФ.

S. M. Bublik,

Y. V. Tokarev

Results of State Tests of «Briz-KD» GLONASS/GPS Navigation Equipment

The performance of the shipborne GLONASS/GPS «Briz-KD» navigation equipment is described. There are two types of the equipment: the equipment with built-in receiver for the maritime differential subsystem corrections and the receiver for the maritime differential subsystem corrections of GLONASS/GPS. The equipment is intended for the Navy surface ships and vessels. The performance data were obtained during the state tests.

ГРНТИ: 73.34.17

**СУЩНОСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ В РАЙОНЕ ПЛАВАНИЯ**

А. Ю. ОБУХОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассмотрена сущность информационно-логического моделирования сложных организационно-технических систем навигационно-гидрографического обеспечения действий сил флота. Показаны основные этапы применения метода анализа, представлены результаты моделирования навигационно-гидрографического обеспечения действий сил с использованием рассматриваемого метода.

Навигационно-гидрографическое обеспечение (НГО) действий сил флота по своей сути является оперативным видом обеспечения. Именно поэтому оно отличается значительной сложностью как по многообразию целей и задач, так и по пространственным и временным масштабам реализации своих функций, а также по обеспечиваемым силам, включающим

корабельные соединения надводных кораблей и подводных лодок, наземные силы флота, приданные сухопутным войскам, и т. п.

Планирование НГО по сути определяет успешность решения задач обеспечения кораблевождения при развертывании сил флота и включает: анализ своих сил, анализ сил противника, анализ района, выработку предложений по вариантам обеспечения, оценку эффективности предлагаемых вариантов, выработку решения, касающегося НГО, и контроль за его исполнением.

Важнейшим элементом НГО является оценка эффективности планируемых мероприятий и действий Гидрографической службы (ГС) при решении задач НГО развертывания сил. Методы оценки эффективности позволяют сделать заключение о качественном уровне решения многоплановых и разномасштабных задач НГО и о степени способности успешно решать задачи кораблевождения и применения оружия в особых условиях.

Методы оценки эффективности НГО достаточно хорошо разработаны [1]. Дальнейшее их совершенствование должно быть основано на анализе достигнутых результатов и новых реалиях, учитывающих состояние и уровень развития морских средств и систем навигации, а также новых задач ВМФ, вытекающих из Морской доктрины, и использования новых теоретических подходов к оценке эффективности качественно сложных систем.

Следует отметить, что сложившиеся в теории эффективности НГО подходы основаны на методах системного анализа, в наибольшей степени отражающих свойства организационно-технической системы ГС. В основу методов оценки эффективности положен операционный подход, который предусматривает формулировку общих принципов построения модели функционирования системы борьбы на море при достижении поставленных задач и оценку влияния НГО на успешность боевых действий.

Описание схемы операции является основой построения ее математической модели, которая разрабатывается в соответствии с этой схемой. Математическая модель – это математическое описание процессов, протекающих в операции согласно принятой схеме, с помощью следующих основных компонентов:

- совокупности действий, отражающих функционирование каждой части анализируемой системы;
- совокупности действий, отражающих функционирование материализованной цели;
- условий операции.

К основным общим принципам построения модели операции относятся следующие элементы [1]:

- в модели операции должны быть выделены: система, цель, действия системы;
- цель должна рассматриваться как сложная система, активно реагирующая на каждое действие изучаемой системы;

– изучаемая система и цель должны быть представлены соответствующими компонентами иерархической структуры.

Рассмотренные выше подходы к построению моделей качественно-сложных организационно-технических систем военного назначения показывают всю сложность математического описания такой системы.

Ясно, что корректное описание системы и полнота описания неопределенных факторов определяют применимость данной модели для планирования НГО кораблевождения при ведении силами боевых действий и, в частности, при развертывании сил в особые периоды.

В теории эффективности НГО известны различные подходы к формализации сложных процессов, характеризующих функционирование этой многомерной системы. Однако они не совсем полно учитывают многообразие задач, решаемых ГС, с точки зрения целостного описания системы как единого организма, что объясняется спецификой действий ГС по созданию благоприятных условий для эффективного решения боевых задач силами флота.

Выявление многих новых свойств в процессе НГО требует более полного учета всей их совокупности, поэтому методы приложения марковских процессов, теории вероятности, теории систем нуждаются в дополнении новыми методами, к которым и следует отнести информационно-логические методы (ИЛМ).

Основой ИЛМ является описание свойств системы НГО через события их проявления в объективной действительности с точки зрения конечной цели. Совокупность основных событий связана в своем проявлении и образует «дерево событий», в котором связи между отдельными событиями описываются с использованием правил алгебры логики (конъюнкций, дизъюнкций и инверсий).

Такое описание основано на учете основных законов, закономерностей деятельностной модели ГС при решении основных задач по предназначению. Кроме того, при событийном описании систем используются основные принципы формализации сложных систем.

Графическое представление информационно-логических моделей включает события, которые отображаются вершинами специального графа, а связи логического подчинения отображаются дугами этого графа.

В информационно-логической модели, которая в общем случае представляет собой ориентированный граф $G(x, u)$, где x – множество вершин, а u – множество направленных ребер, учитываются связи организационного и функционального подчинения, которые в аналитической форме представляются следующими логическими выражениями [2]:

$$\left. \begin{aligned} y_i &= i \cdot (\& \tilde{y}_k) \cdot (v \tilde{y}_d); \\ k &\in K_i; d \in D_i; \\ y_i &= i \cdot v (\& \tilde{y}_k) \cdot (v \& \tilde{y}_d); \\ k &\in K_i; d \in D_i, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где K_i, D_i – непересекающиеся подмножества номеров вершин;
 $i = 1, \dots, N$ – порядковый номер элемента системы;
 y_i – характеристика работоспособности i -го элемента;
& – оператор конъюнкции;
 \vee – оператор дизъюнкции.

Сущностью построения структурных моделей, формирующих многообразие событий функционирования системы НГО развертывания сил флота при учете определяющих факторов, является определение и графическое представление указанными выше средствами условий функциональной работоспособности всех элементов и подсистем, органически входящих в анализируемую систему. Как известно, в общем случае рассматриваемая система включает корабль как объект обеспечения, систему НГО, организационную модель управления процессом НГО, ресурсы системы и другие компоненты.

Идентификация структуры информационно-логической модели многоуровневой и многофункциональной системы НГО производится методами «сверху вниз» и «снизу вверх» и может включать значительное число элементов, что в свою очередь порождает проблему «проклятия размерности». Именно поэтому при идентификации модели качественно-сложной системы следует остановиться на значимых, функционально законченных элементах, которые могут обладать собственной структурой, связями и целями функционирования.

Ситуационное событийное поведение отдельных подсистем характеризуется совокупностью событий, свершение или не свершение которых и формирует благоприятную или неблагоприятную ситуацию по множеству событий функционирования всей системы.

С учетом рассмотренных особенностей была идентифицирована общая схема функциональной целостности системы НГО развертывания кораблей в особых условиях. Основные элементы НГО действий корабельных сил флота приведены на рис. 1. В данной структурной схеме информационно-логической системы НГО учтены: свойства корабля как объекта обеспечения и свойства системы НГО (степень оснащенности района развертывания средствами навигационного оборудования, характеристики системы фарватера, систем радиотехнического оборудования района, морских средств навигации и военно-лоцманской службы). Эти элементы и их существенные свойства, на наш взгляд, являются определяющими при описании качественно сложной системы НГО, однако исходя из изложенных выше принципов формализации в структуру информационно-логической модели, могут быть внесены и другие элементы модели, которые могут представлять интерес для анализа.

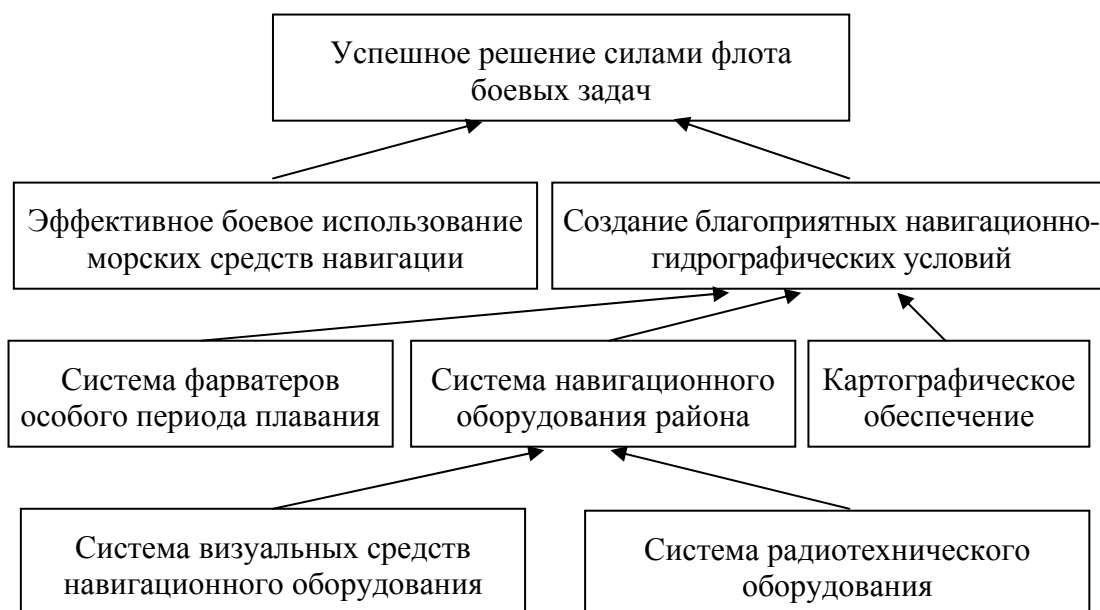


Рис. 1. Обобщенная структурная схема информационно-логической модели системы НГО кораблевождения при развертывании сил

Целью такой системы НГО в рассматриваемом варианте является создание благоприятных условий для решения задач кораблевождения в районе и успешное развертывание сил флота.

Фундаментальным понятием ИЛМ анализа поведения указанной качественно сложной системы является понятие свершения события достижения локальных целей функционально законченными подсистемами, объединенными в дерево подсистем, и дерево целей подсистем по предназначению в совокупности, что и обеспечивает полноту и адекватность формализации системы.

Исходя из указанных выше подходов, получена информационно-логическая модель системы НГО кораблевождения при развертывании сил, она приведенная на рис. 2.

Рассмотренный метод формализации системы НГО обладает следующими особенностями.

В математическом аспекте информационно-логическая модель представляет собой специальный ориентированный граф, который включает функционально полный набор логических операций «И», «ИЛИ», «НЕ» и соответствует всем возможностям основного аналитического аппарата моделирования – алгебре логики, что и позволяет достаточно полно учесть логические связи, существующие в системе НГО развертывания.

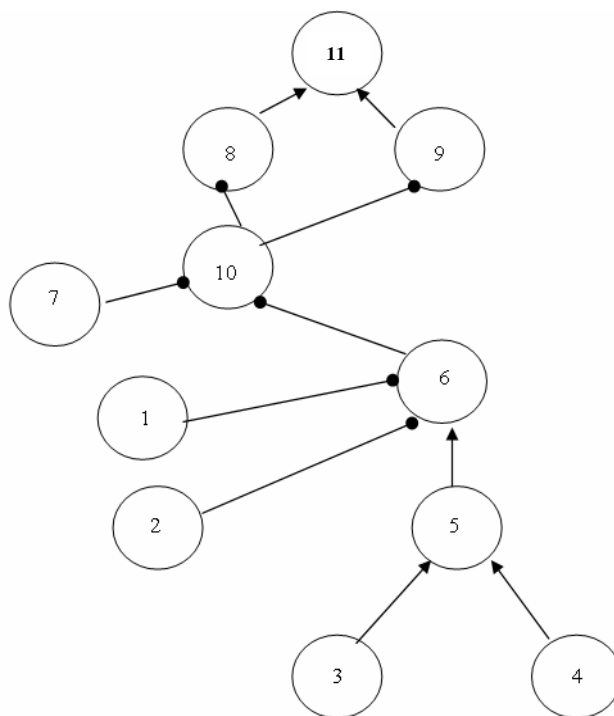


Рис 2. Граф информационно-логической модели процесса НГО кораблевождения при развертывании сил

На рис. 2 даны обозначения функциональных вершин:

- 1 – событие реализации свойств фарватеров;
- 2 – событие реализации картографического обеспечения;
- 3 – событие реализации свойств визуальных средств навигационного оборудования;
- 4 – событие реализации свойств радиотехнического оборудования;
- 5 – событие реализации любого из компонентов системы навигационного оборудования театра;
- 6 – событие реализации навигационно-гидрографических условий для успешного развертывания сил;
- 7 – событие выработки навигационных параметров на корабле с использованием морских навигационных систем;
- 8 – событие реализации возможностей управления кораблем военным лоцманом;
- 9 – событие правильного управления кораблем в системе главного командного пункта (ГКП);
- 10 – событие реализации возможностей получения навигационной информации на корабле;
- 11 – событие успешного решения задач кораблевождения.

В физическом аспекте построение информационно-логической модели системы НГО основывается на едином методологическом принципе

графического представления логических условий свершения или не свершения значимого события, включенного в качестве элемента рассматриваемой системы. Это позволяет формализовать и учесть при дальнейшем анализе количественные и, что самое главное, качественные свойства подсистем информационно-логической модели процесса НГО.

С использованием правил и преобразований алгебры логики по графу информационно-логической модели процесса НГО можно лучить логическое уравнение возникновения ситуации реализаций функций НГО или реализации ситуаций создания благоприятных навигационно-гидрографических условий [2].

Окончательным этапом применения ИЛИМ является определение вероятностных функций появления различных событий (ситуаций) при НГО действия (развертывания) сил.

В классической постановке сущность указанной задачи состоит в отыскании правил перехода от функции работоспособности системы (ФРС) к соответствующей вероятностной функции (ВФ) разрешения ситуации при условии независимости частных событий, порождающих локальную или общую ситуацию:

$$Y(1, 2, \dots, i, \dots, N) \Rightarrow P(\{P_i, Q_i\}, i = 1, N), \quad (2)$$

где P_i – вероятность свершения i – го события;

i – событие;

$Q_i = 1 - P_i$.

В настоящее время разработано значительное количество методов определения ВФ, среди которых наибольшее практическое значение нашли методы ортогонализации, табличный, схемно-логический и модифицированный [3].

Нахождение вероятностной функции возможно путем упрощения произвольной функции алгебры логики до вида разложения на элементы в форме дизъюнктивного нормального выражения, в котором свершение событий образует полную группу несовместных гипотез, что позволяет пользоваться выражением для полной вероятности событий.

В работе использован алгоритм ортогонализации, который основан на преобразовании функций алгебры логики (т.е. логического уравнения системы НГО), в ортогональную дизъюнктивную нормальную форму.

Таким образом, необходимо выполнить все возможные ортогонализации пар конъюнкций исходной ФРС по одной переменной на основе известного соотношения алгебры логики

$$\gamma \cdot \tilde{i} \vee \gamma \phi = \gamma \cdot \tilde{i} \vee \gamma \phi \cdot \tilde{i}, \quad (3)$$

где γ и ϕ – любые функции алгебры логики;

\tilde{i} – простая логическая переменная.

В результате полной ортогонализации далее осуществляется прямое замещение всех логических переменных функция работоспособности системы (ФРС) на соответствующие вероятностные параметры P_i и Q_i , а логические

операции \vee и « \cdot » – на арифметическое сложение и умножение. В результате преобразований получается искомая ВФ.

Для окончательного перехода к искомой ВФ необходимо преобразовать все логические операции совмещенного выражения в арифметические. Правила символического преобразования логических операций в арифметические выражения представлены формулами:

$$f_j f_k \Rightarrow \begin{cases} f_j, j = k, \sim j = \sim k; \\ 0, j = k, \sim j \neq \sim k; \\ f_j f_k, j \neq k; \end{cases} \quad (4)$$

$$f_j \vee f_k \Rightarrow \begin{cases} f_j, j = k, \sim j = \sim k; \\ 1, j = k, \sim j \neq \sim k; \\ f_j + f_k, - f_j \cdot f_k, j \neq k; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} f_j &\Rightarrow 1 - f_j; \\ P_j &\Rightarrow Q_j = 1 - P_j, \end{aligned} \quad (6)$$

где $f_j f_k$ – любые совмещенные функции;
 $j; k$ – номер логической переменной;
 \sim – знак инверсии.

Достоинства предложенного метода нахождения ВФ оценки проявления определенного рода ситуаций заключаются в том, что преобразуемая логическая функция работоспособности системы показывает все многообразие частных и общих ситуаций, возникающих в процессе НГО.

Оценка качества решения основной задачи создания благоприятных навигационно-гидрографических условий всей организационно-технической системой Гидрографической службы с учетом целостного описания и учета ее свойств проводится методами анализа вероятности решения главной задачи НГО кораблевождения при разворачивании сил. Результаты вычислений приведены в таблице для значений вероятностей свершения частных событий P_i : (0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,95).

Вероятность успешного решения задач навигационно-гидрографического события

События	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
Вероятность создания благоприятных навигационно-гидрографических условий при разворачивании сил	0,2156	0,3429	0,5119	0,7289	0,8574
Вероятность успешного решения задач кораблевождения при разворачивании сил в условиях противодействия противника	0,4117	0,56201	0,7219	0,8756	0,9432
Вероятность создания радионавигационного поля радиотехнических средств навигационного оборудования района	0,64202	0,79889	0,9203	0,9866	0,9980

События	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95
Вероятность создания благоприятных условий на фарватере	0,9959	0,99927	0,9999	0,9999	0,9999
Вероятность создания радионавигационного поля спутниковых навигационных систем	0,41760	0,5341	0,6656	0,8181	0,9047
Вероятность создания радионавигационного поля радионавигационных систем	0,2160	0,34299	0,5120	0,7228	0,8573

Результаты анализа эффективности решения задач НГО кораблевождения при развертывании сил с использованием информационно-логического метода позволяют следующие выводы.

1. Вероятность успешного решения задач кораблевождения при противодействии противника радиотехническим средств навигационного оборудования (РТ СНО) составляет от 0,72 до 0,943.

2. При увеличении качества лоцманской проводки на 5–7% качество решения задач кораблевождения возрастает примерно на 15–20%.

3. Вероятность успешного решения задач кораблевождения выше вероятности реализации благоприятных навигационно-гидрографических условий на 30–40%, что обусловлено эффективным использованием корабельных морских средств навигации и привлечением военных лоцманов к проводке кораблей.

4. Противодействие противника приводит к заметному уменьшению вероятности создания радионавигационного поля, – так при относительном уменьшении полей радионавигационных параметров на 20–30% вероятность создания радионавигационного поля всей системой РТ СНО уменьшается приблизительно в 1,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасов С.Н. Теория комплексирования навигационных информационно-измерительных систем. Л.: ВМА, 1992.
2. Поддубный А.И. Навигационно-гидрографическое обеспечение ВМФ. – СПб: ВМА, 1986. – 217 с.
3. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб: Политехника, 2000. – 247 с.
4. Обухов А.Ю. Приоритеты использования ресурсов Гидрографической службы для создания благоприятных навигационно-гидрографических условий при развертывании сил. – СПб: ГНИНГИ МО РФ, Труды конференции "НО-2004", 2004. С. 270 – 272.

A. Y. Obukhov

The Essence and Results of Employment of Information-Logical Modelling when Evaluating the Navigation-Hydrographic Conditions in the Navigation Area

The approach to employing the method of topographic classification of the models of distribution laws for the stochastic time series that characterize the most important operational events and stages of the navigation-hydrographic support (NHS) for the Navy in solution of the problem of automatization of navigation-hydrographic information processing, is considered. The proposed method allows to carry out the complex statistical analysis of the problems solved by the NHS system for the Navy, their task being to provide the NHS for the combat and routine activities of ships.

ГИДРОГРАФИЯ И МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

ГРНТИ: 36.29.15

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА ДНА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЯРКОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Э. С. ЗУБЧЕНКО
(ВМА им. Н. Г. Кузнецова)

В статье уточняется модель регистрируемого дистанционным датчиком светового потока, рассеянного акваторией и формируемого элементарной площадкой на дне акватории, учитывающая длину пути, которую проходит направленный поток света в воде, ориентацию площадки относительно направления освещающего и строящего изображение потока, угловую зависимость потока, рассеиваемого слоем воды, неупругое рассеяние и флуоресценцию. Для повышения точности решения обратной задачи – определения глубины по дистанционно измеренной яркости акватории – предложен метод вычисления приращений глубины по разности измеренного дистанционным датчиком светового потока от двух смежных элементов разрешения на дне акватории, начиная и заканчивая на элементах разрешения с известными (опорными) глубинами. Получаемые на конечном (промежуточном) элементе невязки распределяются пропорционально количеству используемых для вычисления приращений глубин. Сравнение абсолютных погрешностей вычисления глубин по данным моделирования сканерной космической съёмки существующим и предлагаемым способом показали значительное преимущество последнего.

Методам решения обратной задачи получения глубин по данным дистанционного измерения яркости морских акваторий посвящено большое количество работ, среди которых можно, отметить статьи [1–4]. Недостатком предлагаемых в них методов является низкая точность последних вследствие использования упрощенной модели яркости акватории, связывающей регистрируемый оптическим датчиком сигнал с глубиной через параметры водной среды и отражательную характеристику грунта дна, выражаемую [3] формулой

$$L_d = L_b \exp(-gz) + L_w, \quad (1)$$

где L_d – яркость, регистрируемая дистанционным датчиком;

L_b – параметр, учитывающий коэффициент яркости грунта;

g – эффективный коэффициент ослабления света в воде;

L_w – яркость акватории с оптически бесконечной глубиной.

В частности, таким упрощением будет принятие независимости коэффициента яркости слоя воды независимым от направления, по которому эта яркость измеряется. Как показано в работе [5], отношение яркостей при углах, составляемых проецирующим лучом с вертикалью в 30 и 60°, равно 3,6,

а для азимутов 0° и 180° при значении угла визирования 60° оно будет составлять 4. Существенным упрощением является также игнорирование того факта, что освещение дна и построение изображения на дистанционном датчике осуществляется направленными лучами [6]. Пренебрежение фактической длиной пути света в воде может привести к погрешностям в определении глубины до 2,8 м.

Законы оптики определяют зависимость освещенности и яркости площадки от ее ориентации относительно направления освещения и наблюдения.

В работе [4] предлагается альтернативный подход, заключающийся в моделировании компонент отражаемого слоем воды потока. При этом дополнительно рассматриваются составляющие, вызванные флуоресценцией и рамановским рассеянием света. Коэффициенты упругого и неупругого рассеяния воды предлагается вычислять через коэффициенты рассеяния назад и коэффициенты поглощения органических и минеральных взвесей и хлорофилла в воде, для расчёта которых используются эмпирические зависимости от концентрации этих веществ. Но и в этом случае в модели не учитывается длина оптического пути света в воде, зависимость рассеянного водным слоем потока от угла наблюдения, а также ориентация площадки дна относительно направлений освещающего и строящего изображение потоков. Это приводит к появлению систематических погрешностей. Случайные флуктуации оптических свойств грунта, воды и атмосферы вызывают случайные погрешности в определяемых глубинах. Суммарное воздействие перечисленных погрешностей приводит к снижению точности известных методов. Для повышения точности решения обратной задачи целесообразно учесть перечисленные факторы и уменьшить влияние систематических погрешностей.

Для создания уточненной математической модели аэрокосмической съемки дна и акватории будем считать, что площадка расположена на глубине z и имеет площадь dS , соответствующую угловому разрешению оптической системы дистанционного датчика (ДД) или, что то же самое, – ее физическому разрешению или мгновенному углу поля зрения β .

С учетом пропускания поверхности воды, ослабления суммарного потока солнечного света в воде, а также ориентации площадки относительно направления освещающего потока запишем выражение для освещенности площадки dS на дне

$$\dot{A} = \frac{I}{dS} T_1(\theta_0) \exp(-k_1 z \sec \theta'_0) (\Phi_{1H} + \Phi_{1A}) \cos \delta_1, \quad (2)$$

где θ_0 – угол падения солнечных лучей;

k_1 – коэффициент ослабления потока;

θ'_0 – угол преломления солнечных лучей в воде;

Φ_{1H} Φ_{1D} – потоки направленного и диффузного солнечного света;

δ_1 – угол между направлением солнечного света и нормалью к поверхности.

С учетом ослабления рассеянного площадкой dS света, пропускания поверхности воды $T_2(\theta')$, ориентации площадки относительно направления на ДД выражение для составляющей потока, рассеянного площадкой dS в направлении на ДД, на его входе можно записать в виде

$$\Phi_{\dot{A}} = \frac{\dot{O}_1(\theta) \dot{O}_2(\theta')}{\pi n^2} \dot{A} r_g \Omega dS \cos \delta_2 e^{-kz \sec \theta'} \quad (3)$$

где $T(\theta)$ – пропускание атмосферы в направлении θ от вертикали;
 θ' – угол падения в воде рассеянного площадкой луча в направлении на ДД;

r_g – спектральный коэффициент яркости дна;

n – коэффициент преломления;

Ω – телесный угол, в котором видна входная апертура ДД;

δ_2 – угол между направлением в воде на ДД и нормалью к площадке.

Теперь найдем выражение для потока света, рассеиваемого объемом воды, который заключен в цилиндре с основаниями dS на искомой глубине z и на поверхности воды, и образующими параллельными направлению на ДД:

$$d\Phi = \frac{I}{Q} \Phi_z \sigma(\psi) e^{-kz \sec \theta'} dS \Omega \sec \theta'_0 dz \quad (4)$$

где Φ_z – поток света, достигший элементарного слоя;

Q – коэффициент преобразования освещенности в яркость;

$\sigma(\psi)$ – объемный коэффициент рассеяния слоя воды под углом ψ с направлением освещающего потока.

С учетом пропускания поверхности воды и ослабления суммарного направленного и диффузного потоков выражение для Φ_z примет вид

$$\Phi_z = T_1(\theta'_0) (\Phi_{IH} + \Phi_{IA}) e^{-kz \sec \theta'_0} \quad (5)$$

Интегрируя выражение (4) по dz в пределах от 0 до z для потока, формируемого слоем воды и достигшего ДД, получим:

$$\Phi_{\bar{n}} = \frac{\dot{O}_1(\theta'_0) \dot{O}_2(\theta') (\Phi_{IH} + \Phi_{IA}) \sigma(\psi) \Omega \sec \theta'_0 T_a dS}{Qk(\sec \theta' + \sec \theta'_0) n^2} \times \\ \times \left[1 - e^{-zk(\sec \theta' + \sec \theta'_0)} \right] \quad (6)$$

Данное выражение для составляющей потока от слоя воды является функцией угла, образуемого направлением на ДД и освещающими солнечными лучами.

Что касается составляющих потока, вызываемых неупругим рассеянием фотонов на органических частицах и хлорофилле, т. е. флуоресценции и рамановского рассеяния, то, как показывают данные, приведенные в работе [6], коэффициент яркости воды в зависимости от концентрации хлорофилла может достигать значения 0,0035 и варьирует от места к месту. При максимальном

значении коэффициента яркости моря, составляющем согласно статье [5] в диапазоне 0,5–0,6 мкм 0,015, вклад флуоресценции достигает свыше 20% и поэтому не может не учитываться в общем потоке, измеряемом ДД.

Как показано в работе [8], вклад рамановского рассеяния в коэффициент отражения для чистой воды может составлять до 15%, однако для реальных морских вод из-за поглощения он уменьшается, в то время как вклад обычного рассеяния возрастает. Следовательно, если величина этой составляющей не превышает 10%, она может не учитываться. Как показали расчеты, приведенные в работе [9], при концентрации хлорофилла, равной приблизительно 0,01 мкг/л, относительный вклад комбинационного рассеяния света обнаруживает малую угловую зависимость.

В упоминавшейся работе [1] вклад составляющей потока, рассеиваемого объемом атмосферы, ограниченным элементом на поверхности моря и входным зрачком приемной оптической системы, принимался постоянным. Хотя в соответствии с работой [10] для атмосферы, имеющей индикатрису рассеяния $x(\gamma)$ и среднюю вероятность выживания фотона Λ при ее оптической толщине τ_∞ и оптическом рассеянии по вертикали от водной поверхности до приемной оптической системы τ_z величина потока, рассеиваемая на ДД, может быть представлена выражением

$$\Phi_a = \frac{\tilde{\alpha}(\gamma)\Lambda}{4\pi} dS \Omega S_0 \frac{e^{-(\tau_\infty + \tau_z)\sec\theta_0} - e^{-(\tau_\infty \sec\theta_0 + \tau_z \sec\theta)}}{1 + \sec\theta_0 \sec\theta}, \quad (7)$$

где γ – угол между направлением на ДД и направлением солнечных лучей;

S_0 – солнечная постоянная.

Формула (6) показывает, что поток, рассеиваемый атмосферой, имеет угловую зависимость, и игнорирование этого фактора также приводит к упрощению модели, а, следовательно, и к снижению точности решения обратной задачи.

Величина потока, достигшего дистанционного датчика, будет представлять сумму

$$\Phi_{\text{дд}} = \Phi_{\text{пов}} + \Phi_a + \Phi_c + \Phi_d + \Phi_f + \Phi_p, \quad (8)$$

где $\Phi_{\text{пов}}$ – поток, отраженный поверхностью воды;

Φ_f – поток флуоресценции;

Φ_p – поток рамановского рассеяния.

Подстановка в формулу (8) выражений для всех составляющих показывает, что модель регистрируемого ДД сигнала будет включать свыше 20 параметров. Только часть из них может быть точно рассчитана, – это параметры θ_0 , θ'_0 , θ , θ' , Ω , dS , S_0 . Остальные параметры, как, например, коэффициенты ослабления света k , коэффициент спектральной яркости дна r_d , коэффициенты рассеяния слоя воды и атмосферы и другие могут быть оценены лишь приближенно, вследствие чего определение глубины по измеренному световому потоку может быть выполнено

также приближенно, с погрешностью, величина которой определяется погрешностями принимаемых значений параметров.

По этой причине, а также вследствие значительной пространственной изменчивости перечисленных параметров, точность съемки рельефа дна может быть повышена путем снижения размерности решаемой задачи, т. е. уменьшения количества используемых в модели параметров. Для этих целей предлагается разностный метод вычислений, заключающийся в формировании разностей измеряемых значений светового потока для двух смежных площадок дна, соответствующих разрешающей способности сканера. Вследствие близких значений составляющих потока (поток от слоя атмосферы, поток отраженный поверхностью воды, поток флуоресценции, рамановское рассеяние), получающаяся разность потоков будет включать вместо 16 лишь 9 неизвестных параметров. Таким образом, она будет содержать меньше погрешностей и может быть использована для более точного решения обратной задачи. С учетом выдвинутых допущений из формулы (8) получим выражение для разности потоков

$$\Delta\Phi = \Phi_{c2} - \Phi_{c1} + \Phi_{d2} - \Phi_{d1}. \quad (9)$$

Здесь индексы 1 и 2 отнесены к составляющим потока от двух смежных площадок дна S , наблюдаемых ДД.

Подставляя в формулу (9) полученные выше выражения (3) и (4), получим выражение для приращения Δz для глубины, над первой из смежных площадок

$$\Delta z = -\frac{1}{kG_2} \ln U, \quad (10)$$

где

$$U = \frac{\left[A_{f2} - A_{f1} + \frac{\Delta\Phi}{C_f} - (A_{f1} - B_{f1})e^{kz_1 G_1} \right] e^{kz_1 G_2}}{B_{f2} - A_{f2}};$$

$$A_{fi} = \frac{T_a(\theta_i)\sigma(\psi_i)}{kG_i}; \quad B_{fi} = \frac{1}{\pi} T_a(\theta_i) r_g \cos\delta_{2i} \cos\delta_{1i};$$

$$C_f = T_1(\theta'_{0i}) T_2(\theta'_i) E_0 T_a(\theta_0) \Omega S / n^2;$$

G_i – геометрический фактор, определяющий длину пути света в воде.

$$G_i = \sec\theta_0 + \sec\theta'_i, \quad i = 1, 2.$$

Глубина в каждой точке вычислялась по формуле

$$z_i = z_{i-1} + \Delta z, \quad (11)$$

т. е. приращение Δz , вычисленное по формуле (10), прибавляется к предыдущему значению глубины, вычисленному по формуле (11), начиная с опорной глубины и заканчивая на очередной опорной глубине. Полученная невязка на очередной опорной глубине распределялась пропорционально количеству приращений, которые использовались для вычисления глубины, начиная первой от опорной глубины.

Для оценки эффективности предложенного метода производилось моделирование съемки акваторий с помощью сканера типа ANVR с высоты 832 км в спектральном диапазоне 0,5–0,59. Линейное разрешение, равное 18 м, соответствует мгновенному полю зрения 0,26 мрад [15]. Количество датчиков – 1500.

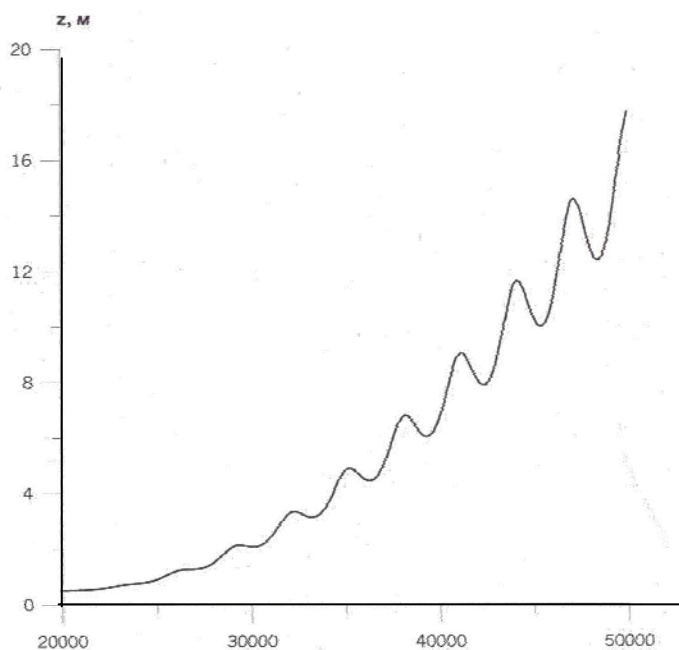


Рис. 1. Моделируемые глубины акватории вдоль линии сканирования

Рельеф дна аппроксимировался поверхностью сферы с варьируемой аппликатой центра сферы (моделируемый профиль показан на рис. 1). Истинная глубина получалась как аппликата точки пересечения проецирующего луча со сферой. В данной точке вычислялись углы, образуемые нормалью к сфере и проецирующим или освещающим лучом. На рис. 2 показаны моделируемые значения угла, образуемого проецирующим углом с нормалью к поверхности.

Принимаемые значения параметров модели представлены в таблице.

Основные параметры модели космической съемки акватории

№	Наименование параметров	Обозначение	Значение
1	Показатель ослабления света в воде	k	0,95
2	Объемный показатель рассеяния	$\sigma(\psi)$	$\sigma(\psi) = \alpha(0,8 + 0,6\cos\psi)/\pi$
3	Коэффициент пропускания света границей «воздух-вода»	$T_1(\theta)$	0,971
4	Коэффициент пропускания света границей «вода-воздух»	$T_2(\theta)$	0,98
5	Коэффициент яркости грунта	r_g	0,21
6	Солнечная постоянная	S_0	1950 Вт/м ² мкм
7	Коэффициент пропускания атмосферы	τ_α	0,65

Вычисление глубины производилось по формуле (1) из работы [3]. Для определения значения g использовались две опорные глубины, которые подставлялись в формулы (1) и (10). Результаты вычислений представлены на рисунках 1 и 2. Из рис. 2 следует, что предлагаемый метод дает существенно более низкий уровень погрешности, чем используемый в настоящее время.

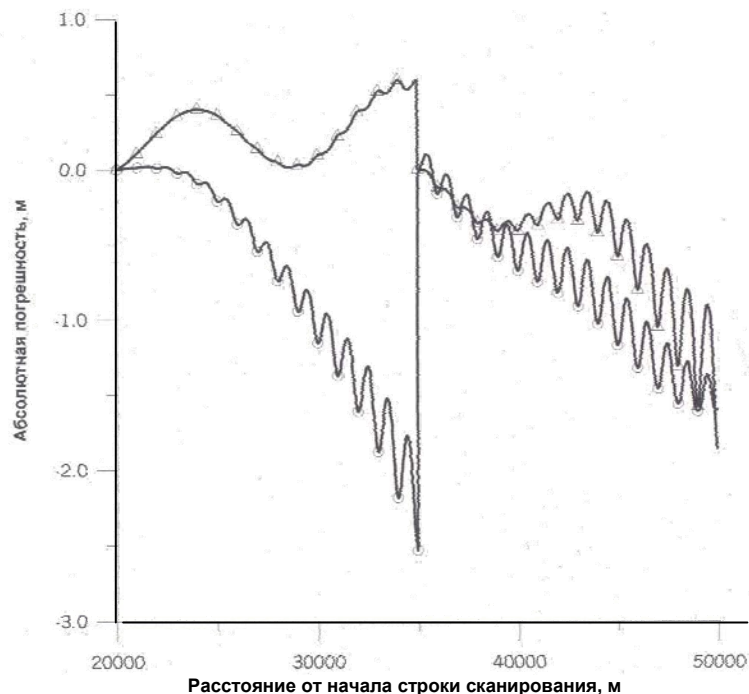


Рис. 2. Сравнение абсолютных погрешностей определения глубин существующим и предлагаемым способами по измеренной яркости акватории оптико-электронным сканером:

- ▲— абсолютная погрешность определения глубины предлагаемым способом
- абсолютная погрешность определения глубины существующим способом;

ЛИТЕРАТУРА

1. Lyzenga D. R. Passive remote sensing techniques for mapping water and bottom features // Applied optics. – 1978. – Vol. 17. – No 3. – P. 379–383.
2. Polcyn F. C., Sattinger I. J. Water depth determination using remote sensing techniques. Proceedings of 13-th International Symposium Remote sensing of environment. –V.III. Ann Arbor, Michigan, 1979. – P. 1017–1028.
3. Philpot W. D. Bathymetric mapping with passive multispectral imagery // Applied optics. – 1989. – Vol. 28. – No 8 – P.1569–1578.
4. Estep L. A suggested approach to the passive optical bathymetry problem by a component analysis of the upwelling remote sensing signal. //The Hydrographic Journal. –1993. –No 69. – P. 25–29.
5. Козлянинов М. В. О коэффициенте яркости толщи моря. //Океанология. – Т. XIX. – Вып. 2. – С. 221–226.
6. Туфник А. М. Световое поле в поверхностных слоях моря. // Океанология. – 1975. – №3. –С. 434–439.
7. Gower J. F. R., Borstad G. A. On the use of the solar-stimulated fluorescence signal from chlorophyll a for airborne and satellite mapping of phytoplankton. //Advanced Space Research, 1987. Vol.7. – No 2. – P. (2)101–(2)106.

8. Marshall B. R., Smith R. C. Raman scattering and in-water ocean optical properties //Applied optics, 1990. – Vol. 29. – No 1. – P. 71–84.
9. Поздняков Д. В., Кондрачев К. Я. Дистанционное зондирование природных вод в видимом диапазоне спектра. I. Формирование яркости водной поверхности. //Исследование Земли из космоса. –1997. – №1. – С. 3–21.
10. Половинко В. В. Оптические неконтактные методы исследования Мирового океана. – М.: Недра, 1984. – 165 с.
11. Raschke E. Multiple scattering calculation of transfer of solar radiation in an atmosphere-ocean System // Beiträge zur physik der atmosphere. – 1972. – 45 band. – St. 1–19.
12. Применение аэрометодов для исследования моря. Под ред. В. Г. Здановича. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – 546 с.
13. Wells W. H. Diffusion of light in the sea //Optical engineering. –1977. – Vol. 16. – No 2. – P. 112–127.
14. Матияевич Л. М. Введение в космическую фотограмметрию. – М: Недра, 1989. – 149 с.
15. Дистанционное зондирование: количественный подход/ Дейвис Ш. М., Ландграбе Д. А. и др. Под ред. Ф. Свейна и др. Пер. с англ. – М.: Недра, 1983. – 396 с.

E. S. Zubchenko

Mapping the Submarine Relief, Using the Remote Measurements of the Sea Water Areas Radiance

The model of light flux scattered by the water layer and formed by the bottom area element is defined more exactly, the light flux being registered by the remote sensor. The model takes into account the distance passed by the directional light flux in the water, bottom area element orientation relative to the direction of the illuminating flux and the imaging flux, angular dependence of the flux scattered by the water layer, nonelastic scattering and fluorescence. To increase the accuracy of solution of the inversed problem, i. e. determining the depth by the remotely measured water area radiance, the method of calculating the depth increments by the difference of the light flux measured by the remote sensor from two adjoining resolution elements on the bottom of the water area, is proposed. The discrepancies produced at the end (or intermediate) element are distributed proportionally to the number of depth increments used for calculation. Comparison of absolute errors in depth calculation using the modeling data of scanner space survey by the existing method and the proposed one has shown the significant advantage of the latter.

ГРНТИ: 78.21.41

КОМПЛЕКСНЫЙ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВСЕДНЕВНОЙ И БОЕВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОРАБЛЕЙ ФЛОТА

А. Ю. ОБУХОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье рассмотрены вопросы комплексного статистического анализа результатов навигационно-гидрографического обеспечения решения задач кораблевождения. Показана целесообразность применения методов топографической классификации законов распределения временных рядов, характеризующих результаты навигационно-гидрографического обеспечения действий сил флота.

Оценивая при планировании эффективность использования ресурсов гидрографической службы, относящуюся к навигационно-гидрографическому обеспечению (НГО) решения задач кораблевождения при развертывании сил

флота и ведении ими боевых действий, особое внимание следует уделять полноте и адекватности используемых исходных данных. Это позволит повысить точность и надежность обоснований при оценке успешности действий своих сил, достоверность анализа характеристик района плавания, и будет способствовать повышению результативности планирования НГО и управления подразделений гидрографической службы (ГС) при НГО в различных условиях повседневной и боевой деятельности кораблей флота.

Как правило, исходные данные представляют собой такие статистические характеристики морских средств навигации, как надежность систем, погрешности выработки ими навигационной информации на кораблях с различным навигационным вооружением, помехозащищенность средств и систем и др. В основном эти характеристики представляют собой плотности распределения вероятностей, а также моменты распределений, на основании которых и производится оценка эффективности решения боевых задач, обосновываются методы боевого использования морских средств навигации и решаются другие задачи планирования НГО.

Необходимо отметить, что важность получения вероятностных характеристик определяется особыми приложениями вероятностных методов при решении задач кораблевождения, оценки навигационной безопасности плавания, оценки эффективности использования ресурсов служб, совершенствования методов обработки информации и математического обеспечения навигационных комплексов.

Очевидно, что при идентификации законов распределения, характеризующих вырабатываемую навигационную информацию, речь идет о решении очень важной задачи, определяющей качество планирования и совершенствование методов НГО. Она имеет важное значение как для теории навигации, так и для решения научно-практических вопросов кораблевождения и заключается в решении вопросов априорной неопределенности модели стохастических факторов, влияющих на качество решения задач кораблевождения, в обеспечении навигационной безопасности плавания, боевого использования средств навигации и океанографии и, в конечном итоге, на распределение сил и средств ГС.

В настоящее время известен ряд методов, которые позволяют получать исходные данные для расчетов вероятностных функций и других статистических характеристик. К ним следует отнести специальные методы получения экспериментальных данных непосредственно в процессе НГО (при испытаниях морских средств навигации), а также на учениях и в ходе боевой подготовки; экспертные методы; методы имитационных экспериментов и т. п.

Кроме того, при разработке и создании автоматизированных информационных систем штурманской и гидрографической служб следует обосновывать варианты сбора, хранения и обработки данных, полученных в ходе боевой подготовки, которые необходимы для решения задач повышения качества планирования НГО действий сил флота, оптимизации боевого

использования сил и средств ГС и штурманских служб (ШС) объединений, соединений и флотов. Этим также определяется необходимость разработки методов комплексной статистической обработки информации результатов НГО.

Стохастическая идентификация моделей неопределенных факторов, влияющих на процесс кораблевождения (таких, например, как моделей океанских и морских течений, погрешностей выработки основных навигационных параметров и других параметров) связана со спецификой получения исходных временных рядов в ходе боевой подготовки и их свойствами. Так, характерной особенностью процесса получения исходных данных является отсутствие или недоступность эталона, относительно малая продолжительность выборки, практически трудно выполнимые требования соблюдения неизменности условий сбора временных рядов и т. п.

Тем не менее острота задачи получения стохастических моделей, имеющих важное значение в навигации, определяет необходимость поиска методов решения задачи идентификации стохастических моделей погрешностей навигационной информации.

Именно этим и определяется целесообразность поиска методов автоматизации обработки информации, в частности идентификации стохастических моделей временных рядов, характеризующих наиболее важные события этапов и вариантов НГО, боевого использования морских средств навигации и океанографии. Наиболее перспективным направлением, учитывающим специфику получения навигационной информации, на наш взгляд, является метод топографической классификации моделей законов распределения экспериментальных временных рядов, т. к. именно распределение вероятностей является исчерпывающей характеристикой моделей стохастических процессов, и этот метод в наибольшей степени соответствует особенностям получения исходной информации на кораблях флота.

Учитывая специфику получения и обработки исходных навигационных данных, при их автоматизированной обработке необходимо использовать весь арсенал методов статистической обработки. Принципиальным вопросом анализа является проверка гипотезы о стационарности временных рядов, которая осуществляется с использованием критериев серии и тренда [1, 2].

Помимо этого, в систему автоматизированной обработки навигационных временных рядов следует включить методы классического статистического анализа: методы оценки моментов распределений, методы проверки гипотез о характере законов распределения анализируемых временных рядов с использованием критерия Пирсона, критерия Колмогорова и других критериев, обладающих достаточной мощностью при обработке временных рядов.

Учитывая существующую в практике кораблевождения зависимость навигационных параметров от времени, следует также включить и блоки выработки и оценивания корреляционных функций и спектральных плотностей мощности анализируемых временных рядов.

В качестве нового подхода к идентификации стохастических моделей навигационных временных рядов можно предложить использование методов топографической классификации, существенно дополняющих известные статистические методы.

Необходимость их использования обусловлена следующим. В случае если гипотеза нормальности закона распределения по критериям Пирсона и Колмогорова не оправдывается, топографическая классификация позволит выявить допустимые области существования эмпирических законов распределения [3].

В работах по теории вероятностей обычно не дается какой-либо систематизации или классификации законов распределений, а примеры распределений (нормальное, равномерное, Стьюдента и т. д.) приводятся без какой-либо связи между собой. При этом не складывается общая картина возможных разновидностей форм законов распределений. Проведенная в работах [2, 3] попытка объединения распределений, необходимых для описания погрешностей морских средств навигации и процессов, характеризующих их функционирование, в шесть крупных классов не решает задачи четкой систематизации распределений по их форме, необходимой для выбора моделей законов распределений при идентификации временных рядов. Остается неясным, какие из них близки между собой по форме и при необходимости могут быть заменены друг другом, а какие, напротив, далеки друг от друга и т. д.

Наиболее удобной для практики была бы такая систематизация аналитических моделей законов распределения погрешностей, которая бы явно показала их взаимную близость или удаленность, а в идеале позволила оценить эту близость или удаленность численно. Эта систематизация, а на ее основе и классификация, могла бы быть построена исходя из представлений хорошо разработанной к настоящему времени теории распознавания образов. Закон распределения $P(x)$ как функция характеризуется набором признаков $U_1, U_2, U_3, \dots, U_k$. Выбор характера признаков, их смысла, числа и формы аналитического представления ничем не ограничен. Чтобы признаки характеризовали только форму закона распределения, они должны быть безразмерными и не должны зависеть от смещения центра распределения. В качестве локальных признаков могут быть взяты, например, отношения интерквантильных интервалов, соответствующих заданным значениям вероятностей, или вероятности, соответствующие интервалам $\pm tG$ при нескольких заданных значениях коэффициента t . Интегральные признаки проще всего формируются как линейные функционалы от функции $P(x)$. Ими могут служить нормированные моменты распределений. При использовании второго и четвертого центральных моментов форма закона распределения численно характеризуется значением эксцесса ϵ . Однако эксцесс различных распределений колеблется от 1 до ∞ , из-за чего этот параметр неудобен. Поэтому для классификации закона распределения целесообразно

использовать его нелинейное преобразование в значение контрэксцесса, которое для любых распределений заключено в пределах от 0 (при $\varepsilon=\infty$) и до 1 (при $\varepsilon=1$). Таким образом, в качестве первого признака примем значение контрэксцесса χ .

В качестве второго независимого признака формы закона распределения вероятности предлагается принять значение энтропийного коэффициента $k = \frac{\Delta y}{G}$, который для любых законов распределения изменяется в пределах от 0 до $\approx 2,066$ [1, 3].

Все симметричные законы распределения находят свое отображение на плоскости в пространстве координат контрэксцесс-энтропийный коэффициент (рис. 1).

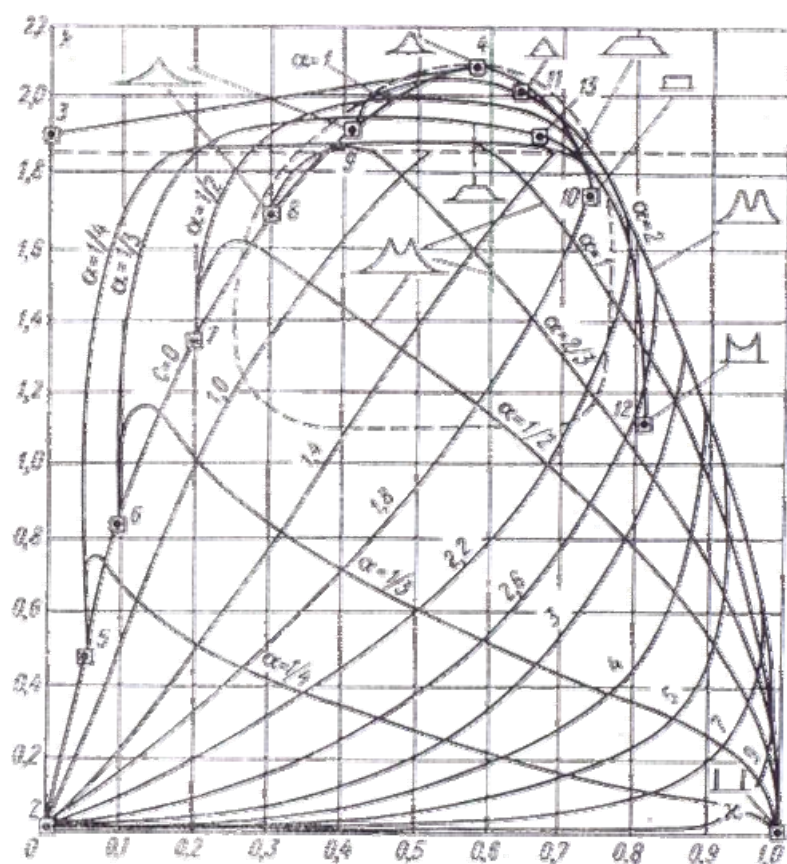


Рис. 1. Топографическая классификация законов распределения

Тогда блок-схема алгоритма стохастической обработки навигационных временных рядов примет следующий вид (рис. 2).



Рис 2. Структурная схема алгоритма идентификации стохастических моделей временных рядов

В ходе обоснования комплексного метода идентификации моделей погрешностей как результатов НГО и проверки его практической реализации были произведены эксперименты с навигационными комплексами надводных кораблей. Исходная информация представляла собой временные ряды выработки навигационной информации на надводном корабле с обычной комплектацией штурманского вооружения. Плавание осуществлялось в южной и центральной частях Балтийского моря, а качестве эталона использовались радионавигационные системы ГРАС и БРАС с периодичностью обсерваций 4 часа.

В качестве анализируемых данных использовались временные ряды погрешностей выработки основных навигационных параметров, к которым относятся:

- погрешности выработки широты и их модули $\Delta\varphi(t)$, $|\Delta\varphi(t)|$,
- погрешности выработки долготы и их модули $\Delta\lambda(t)$, $|\Delta\lambda(t)|$;
- погрешности выработки нордовой составляющей скорости и их модули $\Delta V_n(t)$, $|\Delta V_n(t)|$;
- погрешности выработки остовой составляющей скорости и их модули $\Delta V_e(t)$, $|\Delta V_e(t)|$;

- невязки, полученные при обсервации и их модули $C(t)$ и $|C(t)|$,
- скорости изменения невязок и ее модули $Vc(t)$ и $|Vc(t)|$.

Сводные результаты комплексного статистического анализа приведены в таблице.

Результаты статистического анализа показали следующее:

1. Основные погрешности выработки навигационных данных по положению и по составляющим скорости являются стационарными случайными процессами, что следует из результатов применения критериев серий и тренда.

2. Математические ожидания и дисперсии погрешностей выработки широты и долготы не равны друг другу, а математические ожидания погрешностей не равны нулю.

3. Плотность распределения модуля невязки не является нормальным законом распределения, скорее, его можно отнести к экспоненциальному закону распределения с параметрами $\alpha = 0,84-2,74$.

4. Плотность распределения скорости изменения невязки также является случайным процессом с экспоненциальной плотностью распределения вероятности.

**Результаты идентификации моделей погрешностей
выработки навигационных данных на надводном корабле**

№	Наименование навигационных параметров	n	Me	σ	m	Стационарность		Нормальность			Топологическая классификация ПРВ	Аппроксимация автокорреляционной функции
						Сер.	Инв.	Da, Dэ	χ^2	λ		
1	$\Delta\varphi$ (м)	77	0	1242	-70	+	+	+	+	+	экспоненциал $\alpha = 1,24 \div 4,0$	$\kappa(\tau) = (-0,321)^{ k\lambda }$
2	$ \Delta\varphi $ (м)		924	784	959	+	-	-	-	-	экспоненциал $\alpha = 1,04 \div 3,28$	
3	ΔV_n (м)		0	0,51	0	+	+	+	+	+	экспоненциал $\alpha = 0,8 \div 2,7$	$\kappa(\tau) = (-0,519)^{ k\lambda }$ $\alpha = 0,45 \div 2,11$
4	ΔV_N (м/с)		126	453	221	+	+	+	+	+	экспоненциал $\alpha = 0,87 \div 2,81$	$\kappa(\tau) = e^{-\alpha k\lambda }$ $\alpha = 1,05 \text{ ч}^{-1}$
5	$\Delta\lambda$ (м)		304	281	362	+	+	-	-	-	экспоненциал $\alpha = 0,55 \div 2,41$	$\kappa(\tau) = e^{-\alpha k\lambda }$ $\alpha = 1,632 \text{ ч}^{-1}$
6	ΔV_E (м/с)		0,013	0,162	0,001	+	+	+	+	+	экспоненциал $\alpha = 0,65 \div 2,49$	
7	$ \Delta V_E $ (м/с)		0	0,11	0,12	+	+	-	-	-	экспоненциал $\alpha = 0,84 \div 2,77$	$\kappa(\tau) = e^{-\alpha k\lambda }$ $\alpha = 1,552 \text{ ч}^{-1}$
8	$ \Delta V_E $ (м/с)		0,11	0,11	0,2	+	+	-	+	-	экспоненциал $\alpha = 0,42 \div 2,49$	$\kappa(\tau) = \exp(-1,785)^{ k\lambda }$
9	$ C $ (м)		520	734	1097	+	+	-	-	-	экспоненциал $\alpha = 0,84 \div 2,77$	$\kappa(\tau) = e^{-\alpha k\lambda }$ $\alpha = 1,552 \text{ ч}^{-1}$
10	\dot{C} (м/с)		0	0,256	0	+	-	+	-	+	экспоненциал $\alpha = 0,82 \div 2,74$	$\kappa(\tau) = (-0,35)^{ k\lambda }$

В заключение следует отметить, что аналогичным образом можно обрабатывать и любые другие временные ряды, получая объективные статистические модели навигационных временных рядов. С одной стороны, это позволяет формировать объективную картину возможностей выработки

навигационной информации, с другой – систематизировать сбор и обобщение статистического материала на соединениях и объединениях флота, что, безусловно, будет способствовать повышению эффективности решения задач НГО кораблей при решении ими повседневных и боевых задач кораблевождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 301 с.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Измерения и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1971. – 408 с.
3. Некрасов С. Н. Теория комплексирования навигационных информационно-измерительных систем. Л.: ВМА, 1992.

A. Y. Obukhov

Complex Statistical Analysis of Results of Navigation-Hydrographic Support for Routine and Combat Activities of the Naval Ships

The method of analysis and evaluation of effectiveness of the navigation-hydrographic support for the naval ships, based on the employment of information-logical modeling of the functioning process of the navigation-hydrographic support system, has been developed. The method allows to make not only the quantitative estimates of the current navigational situation in the area where the ships cruise.

ГРНТИ: 36.29.11

К ОЦЕНКЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ИЗМЕРЕНИИ ГЛУБИН МНОГОЛУЧЕВЫМИ ЭХОЛОТАМИ

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Приводится функция плотности распределения погрешностей в определении местоположения глубины, измеренной многолучевым эхолотом.

В последнее время в практике измерения глубин находят использование многолучевые эхолоты. Основной особенностью их применения является измерение глубин наклонными звуковыми импульсами. Определение погрешности в оценке местоположения отражения звукового импульса от дна при различных наклонах излучения является важной прикладной задачей, определяющей точность гидрографических работ, проводимых в реальных условиях качающегося судна. Решению этой задачи посвящено много работ [1, 2]. В них основной составной частью является оценка ошибок за счет вращения судна, связанного с килевой и бортовой качками и «рысканьем» судна относительно курса. Решение этой задачи сводится к составлению матрицы вращения с помощью соответствующих углов Эйлера. Дисперсии углов Эйлера и элементы матрицы вращения используются с целью получения линеаризованных уравнений для оценки ошибок. При таком подходе к решению задачи результаты могут оказаться неудовлетворительными по нескольким причинам.

Во-первых, существует двенадцать различных способов представления одного и того же конечного вращения твердого тела вокруг неподвижной точки с помощью углов Эйлера в трехмерном пространстве. Каждый вариант отличается своей последовательностью осей, вокруг которых совершаются повороты, с соответствующими углами Эйлера. Очевидно, что реальное вращательное движение корабля не «придерживается» какого-либо из этих вариантов, поэтому и выбор одного из них в качестве базового ничем не обоснован – все они равноправны. Однако от выбора варианта будет зависеть конкретный вид функциональной зависимости между углами Эйлера в элементах матрицы вращения. В конечном итоге это приводит к различным уравнениям в окончательном выражении для оценки ошибок за счет вращения корабля.

Во-вторых, использование дисперсии углов Эйлера в качестве основного параметра в оценках ошибок неэффективно. Действительно, дисперсия как момент вероятностного распределения информативна только для нормального распределения. Угол Эйлера задан на конечном интервале $[0, 2\pi)$ и не может иметь нормальный закон распределения. Переход от конечного интервала к бесконечному с помощью тангенса не спасает положения, так как распределение Коши не имеет дисперсии [3].

В настоящей работе предлагается другой подход к оценке ошибок в местоположении измерения глубины многолучевым эхолотом, основанный на альтернативном описании конечного вращения твердого тела, которое не связано с заданием углов Эйлера. В предлагаемом подходе результатом является получение явного выражения для плотности распределения ошибок в местоположении.

Конечное движение корабля между двумя последовательными посылками звукового импульса можно представить как винтовое перемещение вокруг некоторой неподвижной оси (теорема Эйлера-Даламбера). Поэтому конечное вращение корабля можно задать с помощью направляющих косинусов оси поворота вместе с углом поворота вокруг этой оси [3]. Для каждого момента посылки звукового импульса имеется своя ось поворота и свой угол поворота вокруг нее.

Определим преимущественное направление этой оси относительно фиксированной правой прямоугольной системы координат связанной с корабельным центром масс. В этой системе ось u_1 направлена по курсу корабля, ось u_2 направлена в сторону левого борта, ось u_3 направлена вверх. Направляющие косинусы оси вращения относительно этих осей c_1, c_2, c_3 связаны с углами Эйлера выражениями [3]

$$c_1 = \Omega \sin \frac{\gamma - \alpha}{2} \sin \frac{\beta}{2}, \quad (1)$$

$$c_2 = \Omega \cos \frac{\alpha - \gamma}{2} \sin \frac{\beta}{2}, \quad (2)$$

$$c_3 = \Omega \sin \frac{\alpha + \gamma}{2} \cos \frac{\beta}{2}, \quad (3)$$

где $\Omega = \sin(\delta/2)$, δ – угол поворота вокруг оси. Здесь α, β, γ – углы Эйлера следующей последовательности поворотов, определяющих вращение:

1. поворот вокруг оси u_3 на угол α ;
2. поворот вокруг оси u_2 на угол β ;
3. поворот вокруг оси u_3 на угол γ .

Так как промерные работы выполняются при достаточно малых углах бортовой и килевой качки и при устойчивом движении корабля по курсу, то для оценок углов Эйлера можно в первом приближении использовать значения соответствующих углов качки – бортовой для β , килевой для γ , и ошибок курсовых углов для α . При этом имеем $\alpha \approx \gamma \ll \beta$. В этом случае при малых углах Эйлера выражения (1) – (3) приводят к соотношениям $c_3 \approx c_2 \gg c_1$, которые показывают, что ось вращения корабля лежит в конусе с осью совпадающей с осью u_1 .

Перейдем к сферическим координатам описания положения оси вращения θ и φ ($0 \leq \theta \leq \pi$ – полярное расстояние, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ – долгота). Тогда вращение корабля определяется трехмерным параметрическим пространством $(\theta, \varphi, \delta)$, где $0 \leq \delta \leq 2\pi$. Для описания случайного вращения корабля необходимо определить вероятностную меру в этом пространстве. Известно, что при равномерном распределении этих трех параметров вероятностная мера задается [4] выражением

$$dP = \frac{1}{4} \pi^{-2} \sin^2 \frac{1}{2} \delta \sin \theta d\delta d\theta d\varphi. \quad (4)$$

Если теперь определить плотность распределение параметров θ, φ, δ , то, используя выражение (4), можно получить плотность распределения случайного вращения корабля. В полярных координатах ось вращения корабля будет иметь координаты близкие к $\theta \approx \pi/2$, $\varphi \approx 0$. Для задания плотностей распределения каждого из углов θ, φ, δ заданных на конечных интервалах можно использовать бета-распределение с плотностью [3]

$$p(x) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} x^{a-1} (1-x)^{b-1}, \quad (0 < x < 1). \quad (5)$$

Здесь $\Gamma(*)$ – гамма-функция, a, b – положительные действительные параметры.

Используя выражения (5) и (4), можно записать плотность распределения случайного вращения корабля в виде

$$dP = \pi p(\delta) p(\theta) p(\varphi) \sin^2 \frac{1}{2} \delta \sin \theta d\delta d\theta d\varphi. \quad (6)$$

Таким образом, получен закон плотности распределения случайного вращения корабля, не связанный какой-либо заданной последовательностью поворотов относительно осей, что повышает объективность оценки ошибок в местоположении измеренных глубин многолучевым эхолотом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wiele T.V. Aspect of Accuracy Analis for Sounding. // The gidrographic journal. –2000. – № 95. – 19–21 pp.
2. Hare R. Depth and position error budgets for multibeam echosounding.// JHR. – 1995. –V. 72. – N2. – 37–69 pp.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1978.– 831 с.
4. Кендалл М., Моран П. Геометрические вероятности. –М.: Наука, 1972. – 192 с.

Y. N. Zhukov

On Evaluation of Errors in Measurement of Depth by Multibeam Echosounders

The function of error distribution density when fixing the position of depth measured by multibeam echosounder, is presented.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ И ОКЕАНОГРАФИЯ

ГРНТИ: 37.21.31

О ПРИМЕНИМОСТИ ПОЛУЭМПИРИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ ПО ДАННЫМ О ЛОКАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ВЕТРА

С. И. МАСТРЮКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье изложены результаты сравнения двух методов расчета ветрового волнения в юго-восточной части Баренцева моря. Проанализированы исходные данные, обычно применяемые при использовании этих методов. Выявлены условия, при которых отличия в результатах велики. Показано, что полуэмпирический метод расчета ветрового волнения следует применять лишь для предварительной оценки характеристик режима ветрового волнения.

В результате работ, выполненных Государственным океанографическим институтом и Союзморниипроектom в 1969 г., было разработано Руководство по расчету параметров ветровых волн [1], на основе которого позже разработан СНИП 2.06.04 «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения» [2]. Это Руководство рекомендуется применять при инженерных океанологических расчетах. В качестве исходных данных о ветровом режиме обычно используются результаты обработки наблюдений за скоростью ветра на ближайшей метеорологической станции. Метод расчета достаточно прост и широко применяется на практике. Однако о точности метода ничего неизвестно.

Полученная в результате упомянутых работ обобщенная зависимость для расчета средней высоты волны в зависимости от скорости ветра, разгона и глубины водоема при горизонтальном или слабо наклоненном дне с уклоном менее 0.001 имеет вид

$$\frac{g\bar{h}}{V_w^2} = 0,16 \{ 1 - [1 + 6,0 \cdot 10^{-3} (gL/V_w^2)^{1/2}]^2 \} * \operatorname{th} [0,625 (gd/V_w^2)^{0,8} \{ 1 - [1 + 6,0 \cdot 10^{-3} (gL/V_w^2)^{1/2}]^2 \}^{-1}], \quad (1)$$

где \bar{h} – средняя высота ветрового волнения, м;

g – ускорение силы тяжести, м²/с;

V_w – скорость ветра, м/с;

L – длина разгона, м;

d – глубина, м.

Величина gL/V_w^2 называется безразмерным разгоном, который связан с безразмерным временем действия ветра gt/V_w следующим соотношением

$$gt/V_w = 17,3 (gL/V_w^2)^{4/5}, \quad (2)$$

где t – продолжительность действия ветра заданного направления и скорости, с.

Выражение (2) позволяет использовать обобщенную зависимость (1) для расчета средней высоты волны в зависимости от продолжительности действия ветра.

Расчет средней высоты ветрового волнения выполняется по формуле (1) дважды. В первом случае в качестве аргумента используется безразмерный разгон, во втором – безразмерное время действия ветра (с использованием связи (2)). Меньшее значение высоты волнения принимается за искомое. Если меньшей является высота волнения, рассчитанная по безразмерному времени действия ветра, это означает, что волнение неустановившееся, и его высота определяется не разгоном, а временем действия ветра. В противном случае высота волнения определяется разгоном.

Расчет среднего периода ветровых волн производится по формуле

$$\frac{g\bar{T}}{V_w} = 2\pi * 3,1 \left(\frac{g\bar{h}}{V_w^2} \right)^{0,625}. \quad (3)$$

Данная зависимость определяет взаимосвязь между средней высотой ветровых волн, их средним периодом и скоростью ветра на высоте 10 м.

Расчет средней длины осуществляется по формуле

$$\bar{\lambda}_d = g\bar{T}^2/2\pi. \quad (4)$$

Для расчета высоты волнения заданной обеспеченности используется выражение из работы [3]

$$h_{i\%} = \bar{h} \cdot K_{hi\%}, \quad (5)$$

где

$$K_{hi\%} = \left\{ \frac{4}{\pi} (1 + 0,4h_n) [-\ln i + 4,605] \right\}^{\frac{1-h_n}{n}}; \quad (6);$$

$$h_n = \bar{h} \cdot d.$$

Отсутствие данных регулярных инструментальных наблюдений затрудняет оценку качества рассматриваемого полуэмпирического метода.

В данной работе оценка применимости метода проводилась путем сравнения с результатами расчета ветрового волнения по спектрально-параметрической модели (СПМ) ветрового волнения. Последняя успешно прошла проверку по данным натуральных наблюдений на буровых платформах в Норвежском и Северном морях и рекомендована для использования в

Росгидромете. Подробное изложение модели и результатов ее проверки приведено в работах [4–6].

Расчеты по спектрально-параметрической модели были выполнены И. В. Лавреновым для рейдового причала, удаленного на 4 км от берега в районе острова Варандей. Глубина места в расчетной точке составила 12 м. В качестве исходных данных при расчете использованы данные реанализа поля атмосферного давления за 1980–1999 гг. Расчетная область была принята в виде прямоугольника на сферической поверхности, западная граница которой совпала с 20° з. д., восточная – 61° в. д., южная – 60° с. ш., северная – 80° с. ш. Из расчетной области были исключены районы, занятые сушей и покрытые ледяным покровом.

Точность расчетных характеристик волнового режима определяется как точностью знания ветрового режима района, так и точностью метода расчета волнения.

Предварительно было выполнено сравнение характеристик ветрового режима по пос. Варандей (именно такого рода опубликованные сведения используются при применении рассматриваемого полуэмпирического метода) и результатов обработки данных реанализа, использованных при применении спектрально-параметрической модели.

На рис. 1 приведены диаграммы повторяемости ветра скоростью более 10 м/с по направлениям, а на рис. 2 – диаграммы повторяемости скорости ветра в месте расположения рейдового причала по данным реанализа поля ветра за период 1980–1999 гг. и по данным наблюдений на станции Варандей за период 1945–1964 гг.

Как видно на рис. 1, повторяемость ветра скоростью более 10 м/с по направлениям в пос. Варандей и в месте расположения рейдового причала в безледный период меняется аналогично: от преобладания ветра восточной и западной четверти в начале безледного периода до преобладания ветра юго-западной четверти в октябре. При этом ветровой режим в месте установки рейдового причала более жесткий, чем на береговой станции Варандей (рис. 2). Наиболее вероятная скорость ветра в месте установки рейдового причала (по данным реанализа) на 3–4 м/с выше, чем в пос. Варандей (береговые наблюдения). Объяснить отмеченное обстоятельство разными периодами выборки данных нельзя, скорее всего оно вызвано естественными отличиями ветрового режима на открытой морской акватории и побережье.

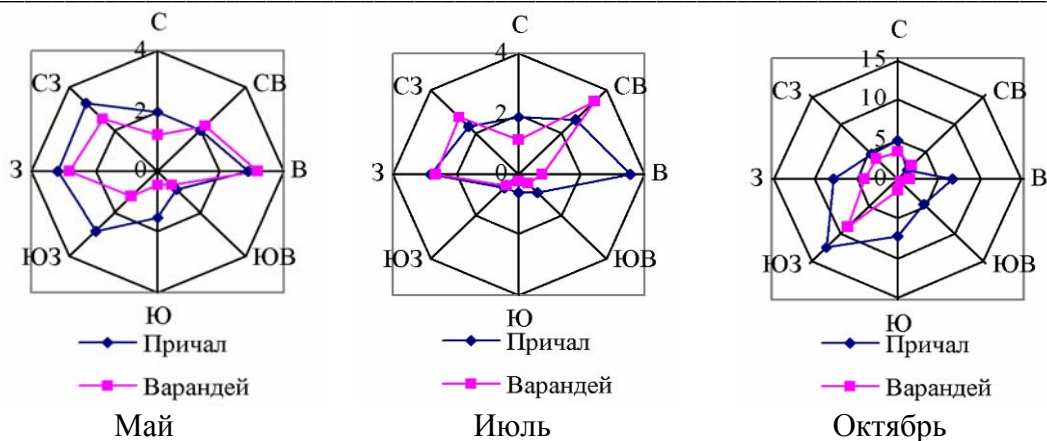


Рис. 1. Средняя повторяемость ветра скоростью более 10 м/с по направлениям в пос. Варандей (1945–1964 гг.) и в месте расположения рейдового причала (реанализ 1980–1999 гг.) в мае, июле и октябре

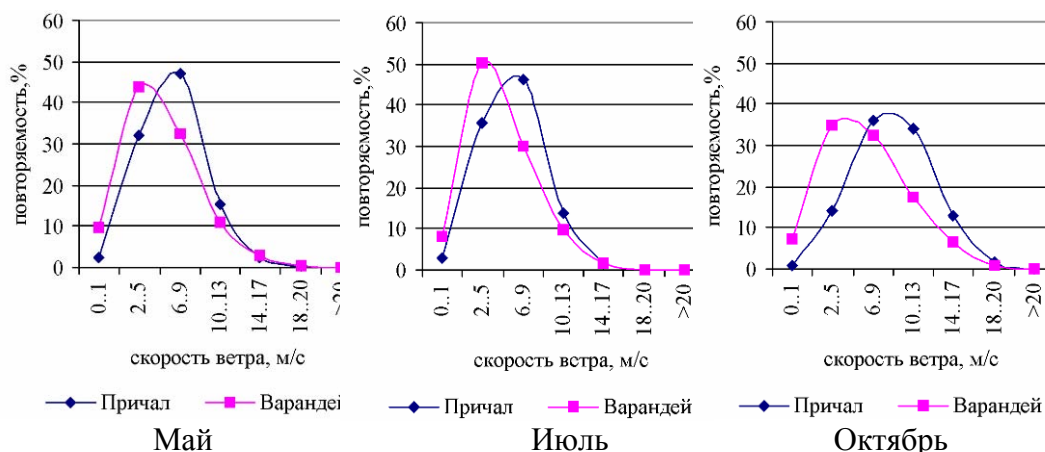


Рис. 2. Средняя повторяемость скорости ветра в пос. Варандей (1945–1964 гг.) и в месте расположения рейдового причала (реанализ 1980–1999 гг.) в мае, июле и октябре

Непосредственное сравнение двух методов затруднено следующими обстоятельствами. Полуэмпирический метод позволяет получить по характеристикам ветра в одной точке только одно значение характеристик установившегося волнения. В то же время спектрально-параметрическая модель, усваивающая данные о поле ветра на обширной акватории при одних и тех же характеристиках ветра в точке, даст статистический ансамбль характеристик волнения. В связи с этим результаты расчета по спектрально-параметрической модели группировались в зависимости от характеристик ветра в расчетной точке и по ним определялись значения высоты ветрового волнения различной режимной обеспеченности.

На рис. 3 приведены значения высоты ветрового волнения 5%-ой обеспеченности, полученные двумя методами в зависимости от скорости и направления ветра в локальной точке. При этом в качестве результатов

расчета по спектрально-параметрической модели приведены высоты волн 50 и 90%-ой режимной обеспеченности.

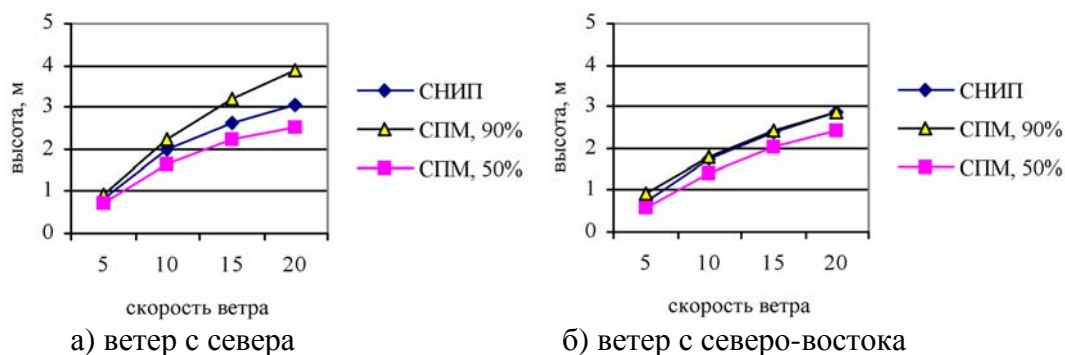
Анализируя результаты, представленные на рис. 3 отметим следующие обстоятельства:

- высоты волн, полученные по полуэмпирическому методу (СНИП), по всем направлениям меньше, чем расчетные высоты волн 90%-ой режимной обеспеченности;
- для волноопасных направлений (север, северо-восток, запад, северо-запад) высоты волн, полученные на основе полуэмпирического метода близки расчетным высотам волн 50%-ой режимной обеспеченности, то есть соответствуют средним значениям волн выбранной обеспеченности из всего статистического ансамбля;
- для вдольберегового ветра (запад, восток) результаты расчета по полуэмпирической методике соответствуют результатам расчета высот волн 50%-ой обеспеченности, полученным по СПМ;
- при направлениях ветра в районе рейдового причала от берега (юго-восток, юг) результаты расчета высоты волнения по полуэмпирической методике заметно ниже, чем по спектрально параметрической модели.

Причины отмеченных расхождений, вероятнее всего, связаны с игнорированием пространственно-временной изменчивости поля ветра при использовании полуэмпирического метода расчета.

Таким образом, отмеченные отличия в результатах расчета можно объяснить несовершенством полуэмпирического метода расчета, а именно поиском зависимости высоты волнения от локальной скорости ветра. Этот метод можно применять только для предварительной оценки волнового режима.

При этом в качестве данных о ветровом режиме желательно использовать результаты реанализа полей давления, а не результаты обработки данных о скорости ветра на береговых гидрометеорологических станциях.



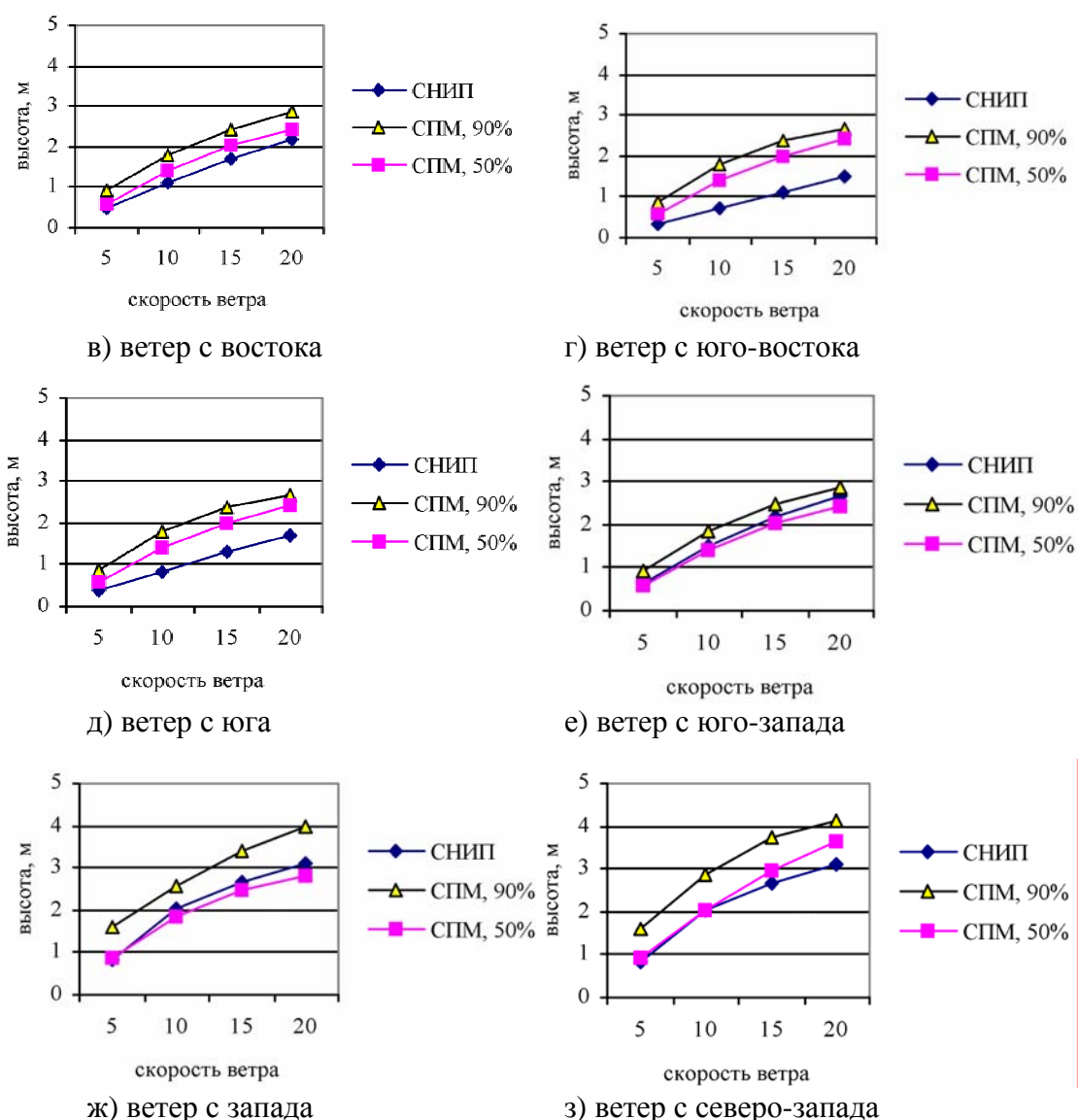


Рис. 3. Результаты расчета зависимости высоты ветрового волнения 5%-ой обеспеченности от скорости ветра для основных румбов (а) – (з):
 СНИП – полуэмпирический метод; СПМ, 90% (50%) – результат расчета по спектрально-параметрической модели при значении режимной обеспеченности 90% (50%)

Можно ожидать, что полученные с помощью полуэмпирического метода оценки характеристик волнового режима на волноопасных направлениях будут соответствовать характеристикам волн 50%-ой режимной обеспеченности, т. е. средним, но не экстремальным значениям.

Автор выражает благодарность И. В. Лавренову за предоставленные результаты расчета по спектрально-параметрической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по расчету параметров ветровых волн. –Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 138 с.
2. Строительные нормы и правила (СНиП) Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения. – М. Стройиздат, 1983. – 264 с.
3. Лаппо Д. Д., Стрекалов С. С., Завьялов В. К. Нагрузки и воздействия волн на гидротехнические сооружения. Л.: Изд-во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1990. – 432 с.
4. Давидан И. Н., Лавренов И. В., Пасечник Т. А., и др. Математическая модель и метод оперативных расчетов ветрового волнения на морях СССР. // Метеорология и гидрология. – 1988. – N 11. – С. 81–90.
5. Лавренов И. В. Математическое моделирование ветрового волнения в пространственно-неоднородном океане. СПб.: 1998. – 500 с.
6. Проблемы исследования и математического моделирования ветрового волнения. Под ред. Давидана И. Н. – СПб.: Гидрометеиздат, 1995. – 465 с.

S. I. Mastryukov

On Applicability of Semiempirical Method of Calculation of Wind-induced Waves Characteristics, Using the Local Wind Velocity Data

The results of comparison between two calculation methods for the wind-induced waves in the south-east part of the Barents Sea are set forth. The initial data that are usually used when employing these methods are analysed. The conditions under which the difference in results is great, are revealed. It is shown that the semiempirical method of wind-induced waves calculation should be used only for the preliminary estimate of characteristics of the wind-induced waves regime.

ГРНТИ: 47.63.37.25

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАНКА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ВМФ

**О. А. ГАСНИКОВ,
А. Б. ОПАРИН,
А. М. АБРАМОВ
(ГНИНГИ МО РФ)**

Описан путь создания информационно-справочных систем (ИСС) представления океанографической информации на ПЭВМ, рассмотрен состав ИСС, ее информационные возможности. Указаны возможные направления совершенствования технологии подготовки электронных вариантов пособий, используемых при гидрометеорологическом обеспечении ВМФ.

На протяжении длительного времени в НИЦ ГНИНГИ МО РФ осуществляются работы по совершенствованию обеспечения частей и учреждений ВМФ гидрометеорологической информацией.

Одним из условий эффективного применения накопленной океанографической информации при гидрометеорологическом обеспечении ВМФ является создание специальным образом организованных массивов данных, которые бы при минимальном объеме исходного материала позволяли использовать их для решения максимально возможного числа задач. Такие формализованные массивы данных принято называть специализированными базами данных (СБД). Они представляют собой

информационную модель того объекта, знание о котором требуется потребителю для обеспечения эффективного его использования.

Наиболее простым и распространенным видом СБД можно считать климатические пособия, справочники и карты, в которых представлены навигационно-гидрографические, гидрометеорологические и геофизические данные по Мировому океану и его районам. Такие пособия, издаваемые ГУНИО МО, применяются в практической работе штабов и ГМЦ ВМФ. Так, используя большой опыт, полученный при подготовке данных для изданий такого рода, в конце 80-х – начале 90-х годов НИЦ разработал структуру и программное обеспечение справочника на машинном носителе на базе ЭВМ серии ЕС. Это значительно ускорило и упростило обработку данных, повысило информативность пособий. В кратчайшие сроки были подготовлены и переданы заказчикам справочники гидрометеорологических параметров и их совокупностей по Балтийскому и Северному морям [1, 2]. Алгоритмы и программы, подготовленные в рамках этого проекта, до настоящего времени используются 280 ЦКП ВМФ при создании специализированных руководств.

Появление на вооружении ГМЦ флотов современной вычислительной техники позволило выйти на качественно новый уровень обеспечения потребителей справочной информацией. В частности, была разработана технология создания информационно-справочных систем (ИСС), основанная на концепции использования централизованных архивов массового хранения долгосрочной информации – хранилищ данных (ЦАХИ). Данная концепция, предложенная Биллом Инмоном [1], нашла значительное распространение в настоящее время. Разработанная технология предлагает использовать трехступенчатую систему хранения, обработки и представления данных.

Первая ступень должна отражать традиционные технологии получения, хранения и актуализации данных. В этом случае банк архивной навигационно-гидрографической и гидрометеорологической информации выступает в роли ЦАХИ, основные задачи которого перечислены ниже.

– Систематический сбор данных с территориально разнесенных гетерогенных баз данных (БД). Здесь значительное внимание следует уделять средствам подготовки данных. Контроль должен вестись как при подготовке данных на периферийных БД, так и приеме их в ЦАХИ. Особую роль играет программное обеспечение (ПО), которое должно интегрировать разобщенные данные, верифицировать и фильтровать их, ликвидировать избыточность, выполнять дублирование (копирование). При загрузке записи сортируются, очищаются от ненужной информации, приводятся к единому формату с едиными правилами наименования при единой кодировке измерений. Под форматом понимается строго регламентированная спецификация, включающая размер, размещение и содержание различных полей с описанием данных, входящих в их состав.

- Дистрибутирование данных.
- Обеспечение доступа к данным.
- Обеспечение рационального многомерного манипулирования данными.

Следует отметить, что по сравнению с традиционными базами данных навигационно-гидрографическая и гидрометеорологическая информация требуют значительно более явного многоаспектного описания. В связи с этим существенно повышается роль метаданных, а поддержка функций словаря-справочника данных становится обязательным требованием практически к любой системе ЦАХИ. В большинстве СУБД общего назначения метаданные описывают, главным образом, структуру базы данных и ограничения целостности данных. В ЦАХИ они должны охватывать более широкий круг позиций, включающий:

- источники данных с точностью до типов или даже экземпляров объектов, т. к. экземпляры объектов одного типа могут иметь различные источники (например, температура воды измерена батитермографом, зондирующим комплексом и батометром);
- методики измерений или исчислений (например, скорость звука измерена, рассчитана и т. д.);
- свойства отдельных объектов данных или типов объектов (например, многосуточная станция, полигон, разовая станция, вековой разрез и т. д.);
- ограничения целостности хранимых данных;
- единицы измерений;
- способы или алгоритмы продуцирования данных для потребителей информации;
- правила селекции данных требуемых классификационных категорий.

Метаданные используются в двух направлениях. Во-первых, они применяются при реализации механизмов функционирования ЦАХИ. Во-вторых, метаданные в диалоговом режиме изучаются пользователем и учитываются при принятии решения о подписке на конкретный тип и объем данных.

На основе баз архивного хранения формируются специализированные базы данных, которые должны включаться в интегрированный банк данных (ИБД), представляющий собой следующую (**вторую**) ступень системы хранения, обработки и представления информации. Главной ее функцией является централизованное управление информационным фондом посредством интеграции данных и взаимосвязанном ведении информационных ресурсов.

Сформированные по запросу базы данных являются основой для создания специализированных информационных справочных систем ИСС, которые, собственно, и являются **третьей** ступенью системы хранения и обработки данных. По существу, они представляют собой проблемно-ориентированные приложения, предназначенные для решения прикладных задач и подготовки выходной информационной продукции. Примером ИСС являются электронные лоции, навигационно-гидрографические руководства и пособия.

Таким образом, реализуется децентрализованная (распределенная) система обработки гидрометеорологической и навигационно-

гидрографической информации для создания ИСС на базе современных информационных технологий (ИТ). Идеология ведения ЦАХИ на базе распределенных вычислительных сетей и создания на их основе ИСС позволяет развивать адресное (специализированное) навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение, ориентированное на удовлетворение запросов конкретного потребителя.

В соответствии с данной концепцией в НИЦ ГНИНГИ МО РФ разработана ИСС представления океанографических параметров на ПЭВМ. СБД, входящие в эту ИСС, сформированы по результатам многолетних гидрометеорологических наблюдений, собранных и хранящихся в Банке океанографических данных НИЦ ГНИНГИ МО РФ [4].

Система позволяет получить следующие статистические характеристики морской природной среды:

- температура воды, соленость, условная плотность, скорость звука и их градиенты;
- температура воздуха, относительная влажность, атмосферное давление, дальность видимости, направление и скорость ветра, направление, высота и период волнения, характеристики облачности;
- скорость, направление течений.

Масштаб пространственного осреднения может быть задан от одноградусного квадрата до прямоугольника любого размера, а временного – от месяца до года. Информация представляется по запросам в виде таблиц и графиков в твердой копии или электронном виде. Время выдачи информации зависит от размеров базы и степени обобщения и колеблется от нескольких секунд до нескольких минут.

ИСС функционирует в среде MS-DOS на IBM PC/AT с процессором 286 и выше. Она разработана для акваторий Норвежского, Балтийского, Баренцева, Японского и Охотского морей. ИСС внедрена и успешно функционирует в ГМС ВМФ, ГМЦ ВМФ, 452, 402 и 393 ГМЦ, 373 Центр ВМФ и 6 ВСОК ВМФ [4].

В настоящее время в НИЦ ГНИНГИ МО РФ с участием НИЦ РЭВ в/ч 30895 подготовлена автоматизированная ИСС, направленная на специализированное гидроакустическое обеспечение океанографических работ. Разрабатываемый продукт представляет собой специально организованную систему единого представления и использования различного рода справочной информации по акустическим, океанологическим и геологическим характеристикам среды.

ИСС включает информационные специализированные базы данных и комплекс программ, ориентированных на использование ПЭВМ с процессором Pentium и выше.

Расчеты выполнены по данным наблюдений на глубоководных гидрологических станциях, которые были получены из различных источников (БОД НИЦ ГНИНГИ МО РФ, Национальный Центр океанографических

данных США). СБД сформированы по элементарным квадратам размером $1^\circ \times 1^\circ$ (однородным районам) и месяцам (периодам года) и содержат:

- статистические оценки основных гидрологических параметров на стандартных горизонтах (масштаб: квадрат – месяц);
- статистические оценки характеристик приповерхностного и подводного звуковых каналов (масштаб: квадрат – месяц);
- вероятностные типовые кривые вертикального распределения скорости звука (масштаб: квадрат – месяц, район – сезон).

Карты составлены по сведениям, представленным в различных специальных пособиях, и позволяют получить информацию о ветре, волнении, течениях, фронтальных зонах, ледовых условиях, грунтах и глубинах. Комплекс прикладных программ, обеспечивающий работоспособность ИСС, включает головную программу и 150 подпрограмм, объединенных по функциональному признаку в 12 программных модулях. ИСС позволяет производить расчеты траектории звуковых лучей и вероятностные характеристики зональной структуры звукового поля. Работа с ИСС строится в диалоговом режиме и позволяет получить по запросу информацию, которая выводится на экран дисплея или принтер. Принципы построения информационных моделей и методы систематизации данных будут различаться из-за специфических особенностей информации каждого конкретного вида.

Описанные выше пособия представляют собой фактографические данные и предназначены для получения информации о крупномасштабных закономерностях формирования и изменчивости гидрофизических полей.

Для создания электронных лоций, навигационно-гидрографических руководств и пособий предполагается использовать преимущественно документальную информацию.

Для систематизации информационных потоков широко используется новый тип информационных моделей – гипертекст. Гипертекст – это многоцелевой информационный фонд, характеризующийся полнотой изложения сведений по тематике, наличием перекрестных ссылок между статьями, а также определенным ограничением состава разделов. Информационная система данного типа предназначена для систематизации текстовой, графической и мультимедийной информации и по глубине формализации информации занимает промежуточное положение между документальными и фактографическими информационно-поисковыми системами. Так, если в документальных системах находится информация, которая указывает на источники, содержащие интересующие потребителя сведения, то в гипертексте, кроме ссылок, содержится и конкретная семантическая информация. Если в фактографических массивах хранятся, главным образом, значения тех или иных показателей различных объектов, то в гипертексте – данные, которые в различных аспектах характеризуют объект.

Данный подход был положен в основу подготовки электронного варианта лоции. Подготовка Web-страниц электронной лоции выполняется на языке HTML, обработка исходной информации осуществляется при помощи программных средств, входящих в состав Microsoft Office 2000, Photoshop 5.5 и Microsoft Image.

Для просмотра лоции необходимо наличие на персональном компьютере Web-браузера Microsoft Internet Explorer версии 5.0 и выше.

В 2003–2004 гг. были подготовлены электронные версии лоций на Азовское, Каспийское, Черное (территориальные воды России), Баренцево, Белое, Балтийское и Карское моря. В них дается подробное описание навигационно-географических особенностей района, приводятся сведения о метеорологическом, гидрологическом режимах и условиях плавания (берега и прилегающие к ним водные пространства, рельеф дна, грунты, приметные пункты, средства навигации, порты, геофизические явления) [5].

Достоинством разрабатываемой технологии создания электронных лоций, навигационно-гидрографических руководств и пособий является обеспечение возможностей их последующего хранения как на технических носителях (CD-ROM), так и посредством помещения их на Web-серверы в компьютерных сетях для распространения современными средствами связи.

В настоящее время ведутся работы по интеграции ИСС с существующими геоинформационными системами и электронными навигационными картами. Это позволит существенно повысить навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое обеспечение ВМФ, обеспечит использование ИСС в качестве программного продукта двойного назначения, позволяющего оказать значительную помощь в планировании и принятии решений по широкому спектру задач морской деятельности государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник гидрометеорологических параметров и их совокупностей (Северное море, проливы Ла-Манш, Скагеррак, Каттегат, Большой Бельт и Зунд) / Абрамова И. А., Гасников О. А., Попова Л. К., Удалов В. В., Шелипанова М. Г. – Л: 525 НИОЦ МО, 1988. – С 700.
2. Справочник гидрометеорологических параметров и их совокупностей (Балтийское море), / Абрамова И. А., Гасников О. А., Попова Л. К., Удалов В. В., Шелипанова М. Г. – Л: 525 НИОЦ МО, 1990. – С 684.
3. Саймон А. Р. . Стратегические технологии баз данных: Менеджмент на 2000 год. – М.: Мир, Финансы и статистика, 1999. – 479 с.
4. Балясников С. Г., Гасников О. А., Кононова С. А., Удалов В. В. Информационно-справочная система гидрометеорологического обеспечения ВМФ // Записки по гидрографии. – 1997. – №241. – С. 5–7.
5. Абрамова И. А., Гасников О. А., Кононова С. А., Удалов В. В. Опыт создания справочника «Электронное навигационно-гидрографическое описание района» / Тез. докл. на 5-ой Росс. н.-техн. конф. «Современное состояние, проблемы морской и воздушной навигации (НО-2004)» – СПб.: ГНИНГИ, 2004. – С. 134–135.

О. А. Gasnikov,

А. В. Oparin,

А. М. Abramov

Development of Automated Information-Reference Systems, Using the Oceanographic Data Bank of the Navy

The technology of creating the information-reference systems (IRS) for presenting the oceanographic information on PC is described. The composition and information capabilities of IRS are considered.

The possible improvement trends for the technology of preparing the electronic types of aids used in hydrometeorological support for the Navy are pointed out.

ГРНТИ: 37.25.23

**АНАЛИЗ ПРИЛИВНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПО ВРЕМЕННЫМ РЯДАМ НА ОСНОВЕ
ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

В статье излагается применение дискретного вейвлет-преобразования для фильтрации и анализа приливных колебаний. Исходными данными служат временные эквидистантные наблюдения за уровнем моря.

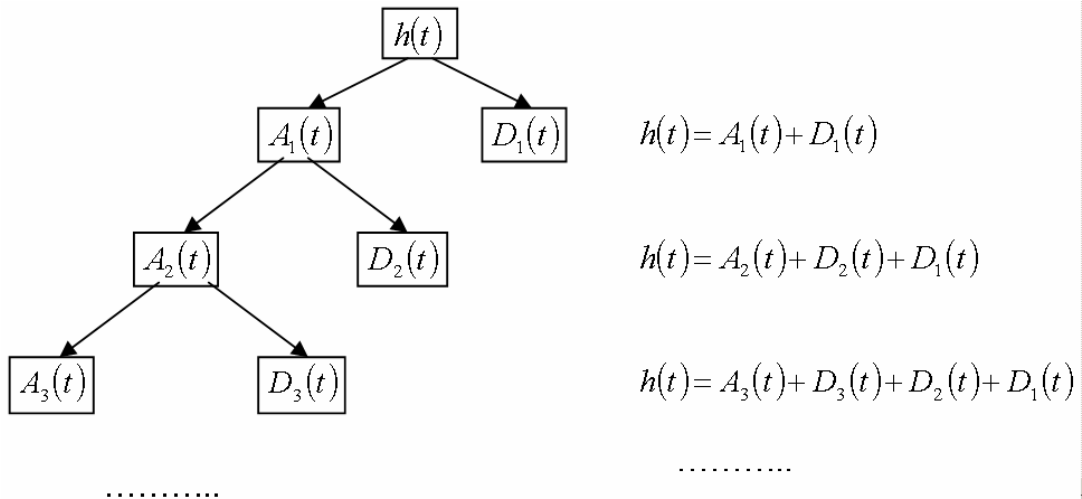
В практике предвычисления приливных колебаний особое место занимает процедура выявления (фильтрации) собственно приливных колебаний во временных рядах наблюдений за колебаниями уровня моря на береговых постах. Качество фильтрации определяет устойчивость и точность оценки гармонических постоянных. В настоящее время применяются различные фильтры от простейших [1] до сложных [2]. В данной работе показано, что для целей гармонического анализа приливов наиболее эффективным способом фильтрации приливных колебаний по временным эквидистантным рядам наблюдений является способ дискретного вейвлет-преобразования. Заметим, что для выявления нестационарности, скачков во временном ходе процесса при анализе разнообразных гидрометеорологических рядов [3], в том числе и в анализе наблюдений за приливами [4, 5], применяется непрерывное вейвлет-преобразование, которое не предназначено для фильтрации.

В принятой технологии гармонического анализа исходными данными служат ряды наблюдений, включающие весь спектр частот фиктивных светил. Оценка гармонических постоянных по таким рядам осуществляется сразу для всего набора частот. В этом отношении основной нерешенной задачей остается задача отделения приливных колебаний от неприливных. Для решения этой задачи предлагается процедура разбиения всего спектра колебаний на непересекающиеся интервалы с последующей декомпозицией исходного ряда на составляющие для каждого интервала частот.

Исследования колебаний в каждом интервале в отдельности позволит отнести их либо к приливному, либо к неприливным колебаниям. При таком подходе возможна оценка гармонических постоянных для отдельного фиктивного светила, оценка устойчивости гармонических постоянных, выявление приливных колебаний не только квази-периодического характера, но и существенно непериодического.

Деление спектра на интервалы определяется свойствами фильтрующего аппарата. В нашем случае таким аппаратом будет служить дискретное вейвлет-преобразование, на основе дискретного вейвлета Мейера. Приведем лишь схематичное описание декомпозиции временных рядов, поскольку точное требует введения большого числа математических понятий. К тому же существует большое количество публикаций, посвященных подробному разбору применения вейвлетов [6-8].

Дискретное вейвлет-преобразование позволяет получить иерархическую декомпозицию временного ряда наблюдений за уровнем в виде $h(t)$



Здесь D – компоненты декомпозиции, описывающие детализирующие, «высокочастотные» составляющие временного ряда, A – компоненты декомпозиции, описывающие аппроксимирующие, «сглаженные» составляющие временного ряда. Индексы указывают на уровень декомпозиции. Грубо говоря, иерархическая декомпозиция осуществляется двумя функциями – вейвлетом и связанной с ним так называемой масштабирующей функцией. На первом уровне декомпозиции компоненты A_1 получают «скользящим осреднением» $h(t)$ с помощью масштабирующей функции, а компоненты D_1 – «скользящим осреднением» $h(t)$ вейвлетом. На втором уровне декомпозиции масштаб по оси абсцисс обеих функций уменьшается в два раза. Полученные перемасштабированные функции применяются для «скользящего осреднения» A_1 с целью получения A_2 и D_2 . На следующих уровнях декомпозиции эта процедура повторяется, причем на

каждом уровне обе функции перемасштабируются в два раза относительно предыдущего уровня.

Дискретное представление данных требует соответствующей модификации этой процедуры декомпозиции. Для вейвлета получают два широкополосных фильтра разложения Hi_D и восстановления Hi_R , а для масштабирующей функции – два узкополосных фильтра разложения Lo_D и восстановления Lo_R . Теперь для получения компоненты A_{i+1} сначала к A_i применяют фильтр Lo_D , а к полученному множеству коэффициентов разложения – фильтр Lo_R . Для получения компоненты D_{i+1} сначала применяют к A_i фильтр Hi_D , а к полученному множеству коэффициентов разложения – фильтр Hi_R .

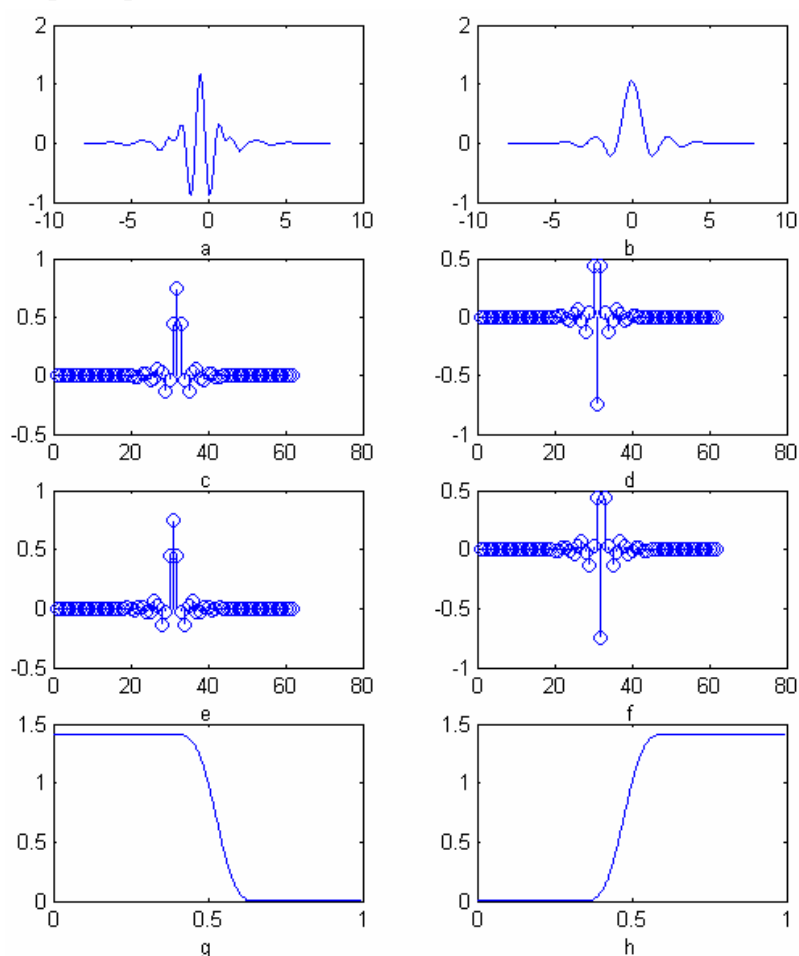


Рис. 1. Графики функций, используемых при декомпозиции наблюдений за уровнем моря:

a – масштабирующая функция непрерывного вейвлета Мейера, b – непрерывный вейвлет Мейера; c, d, e, f – импульсные характеристики фильтров Lo_D, Hi_D, Lo_R, Hi_R , соответственно; g, h – амплитудно-частотные характеристики для узкополосных и широкополосных фильтров соответственно

В общем случае в основу процедуры декомпозиции можно положить любой ортогональный вейвлет. В данной работе использовался дискретный вейвлет Мейера, в основе которого лежит непрерывный вейвлет Мейера [8]. Этот выбор обусловлен его симметричностью и гладкостью. На рис. 1 представлены графики функций, используемых в процедуре декомпозиции наблюдений за уровнем моря. Графики амплитудно-частотных характеристик свидетельствуют о высоком качестве фильтрации с помощью этих фильтров.

При использовании ежечасных наблюдений за уровнем изложенный алгоритм разбивает диапазон частот на интервалы, представленные на рис. 2. На этом же рисунке даны частоты гармонических составляющих (146 составляющих), используемых в гармоническом анализе приливов [9]. Из рис. 2 следует, что уровни 1 и 2 включают так называемые мелководные составляющие (первый уровень – 31 составляющая, второй уровень – 41 составляющая). Третий уровень включает полусуточные составляющие (44 составляющие). Четвертый уровень – суточные составляющие (22 составляющие). Восьмой уровень – две составляющие MSF и MF. Двенадцатый уровень включает составляющую SSA, а тринадцатый – составляющую SA.

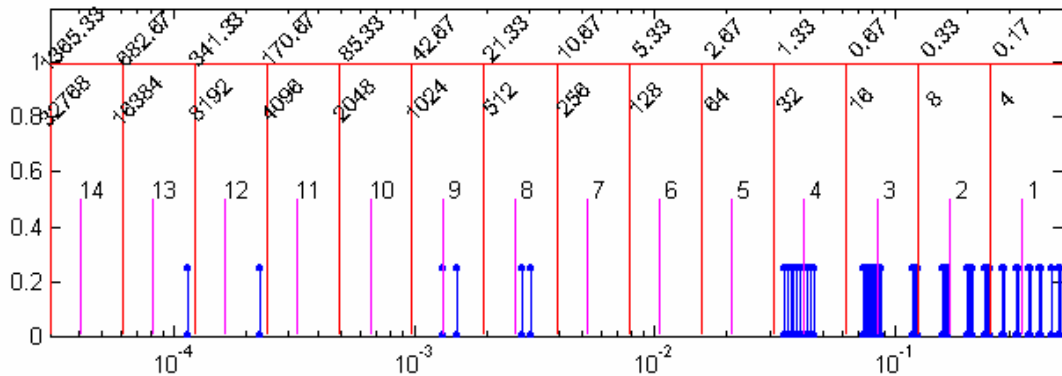


Рис. 2. Интервалы частот при декомпозиции ежечасных наблюдений за уровнем

Вертикальными линиями отмечены границы интервалов частот. Цифры вверху соответствуют значениям периодов границ (верхние – в сутках, нижние – в часах). Средние по высоте вертикальные линии отмечают центральные псевдо частоты, номера над ними – номер уровня декомпозиции. Короткие вертикальные линии – частоты гармонических постоянных.

Применим предложенный способ декомпозиции к наблюдениям за 13 лет (1978–1991 гг.) на нескольких станциях в Японском море. Анализ результатов декомпозиции показал, что только на уровнях 3 и 4 сигнал имеет квазипериодический вид. На уровнях 1, 2 и 5 сигнал имеет вид шума, а на остальных уровнях сигнал имеет сложный аперриодический ход. Иллюстрации временного хода на различных уровнях декомпозиции для станции Awasima даны на рис. 3. В табл. 1 приведены значения частот максимумов спектральной плотности для тех уровней декомпозиции, для которых

дискретность и длительность наблюдений позволяют провести спектральный анализ. Из табл. 1 следует, что на уровне 2 присутствуют слабые лунные четверть-суточные колебания, на уровнях 6, 7 и 8 – колебания, связанные с периодом лунного месяца, на уровне 5 – смешанные колебания, связанные как с периодом лунных суток, так и с периодом лунного месяца, возмущенными влиянием изменчивости давления воздуха.

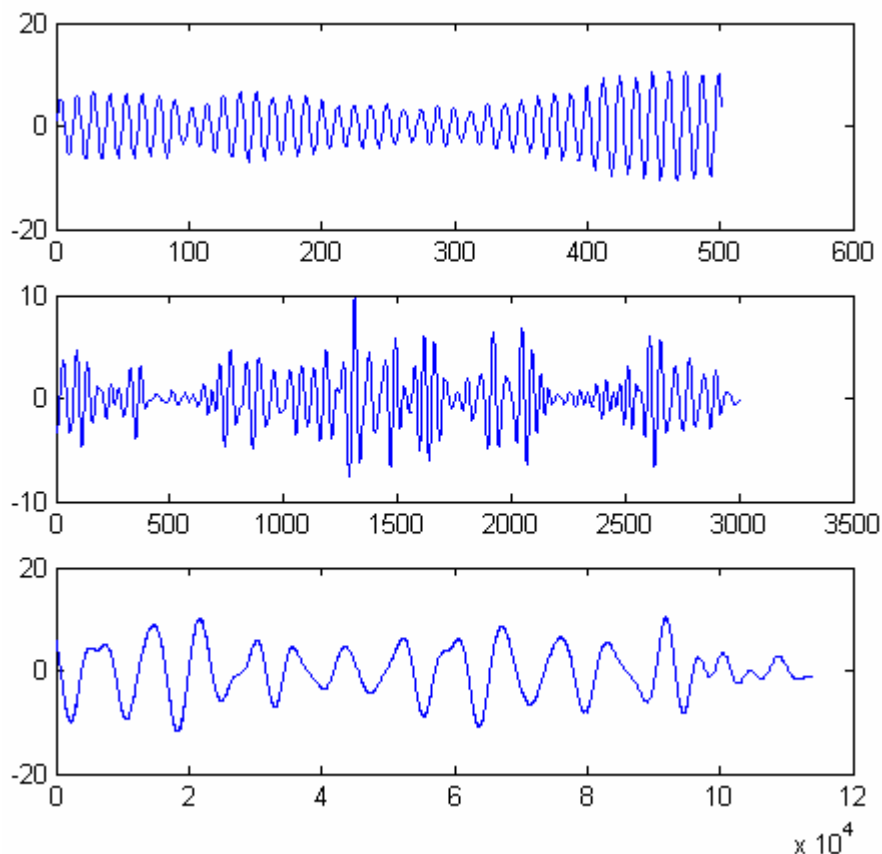


Рис. 3. Фрагменты декомпозиции наблюдений для станции Awasima (вверху сигнал уровня 1, в середине – 5, внизу – 12)

Таблица 1

Значения периодов для максимумов спектральной плотности различных уровней декомпозиции

Уровень	Awasima	Fukauro	Izuhara	Находка	Saigo
2	6,6928 час.	7,6418 час.	6,1687 час.	6,0952 час.	6,1687 час.
3	12,4878 час.	12,4878 час.	12,4878 час.	12,4878 час.	12,4878 час.
4	23,8140 час.	23,8141 час.	23,8141 час.	23,8141 час.	23,8141 час.
5	2,3704 сут.	2,2456 сут.	2,2456 сут.	2,3704 сут.	2,3704 сут.
6	3,5556 сут.	3,5555 сут.	3,5556 сут.	3,5555 сут.	3,5555 сут.
7	7,1111 сут.	6,0952 сут.	7,1111 сут.	7,1111 сут.	7,1111 сут.
8	14,2222 сут.	14,2222 сут.	14,2222 сут.	14,2222 сут.	14,2222 сут.

Декомпозиция временных рядов наблюдений может служить основой для детального анализа как пространственно-временной изменчивости в точке наблюдений, так и пространственно-временной синхронизации колебаний в различных частотных интервалах.

Например, можно оценить изменчивость фаз колебаний на уровнях с квазипериодическими колебаниями. На рис. 4 представлен график разности фазы суточного движения Луны и фазы колебаний сигнала на уровне 3. Ход графика свидетельствует о зависимости изменения фазы полусуточного прилива от лунного месяца.

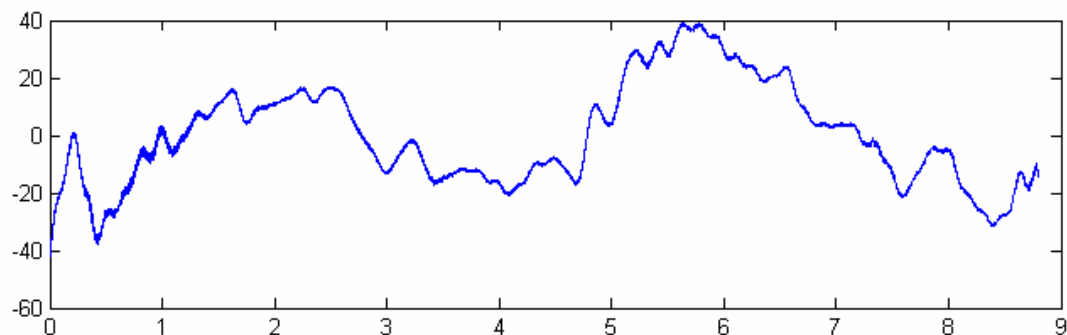
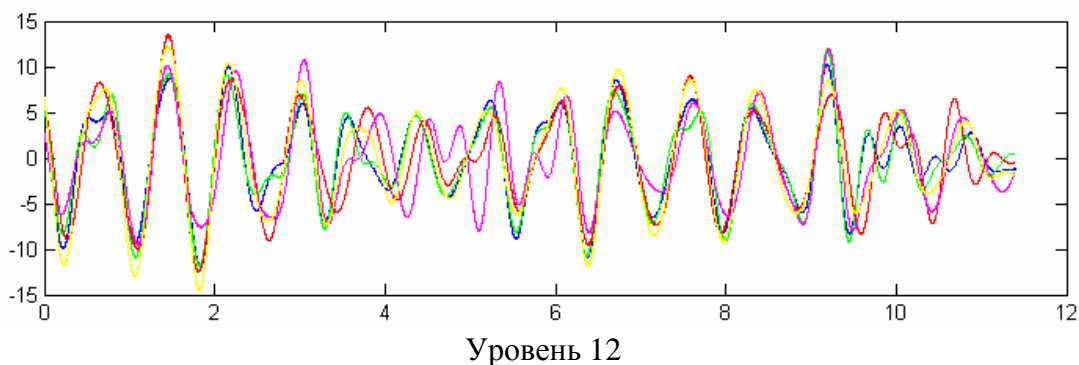


Рис. 4. Ход разности фазы суточного движения Луны и фазы колебаний сигнала на уровне 3 в течение месяца (01.01.2001 – 31.01.2001, дискретность наблюдений 30 секунд) для станции Awasima

Декомпозицию рядов наблюдений можно использовать для анализа синхронизации колебаний между различными станциями. Например, на рис. 5 представлены графики временного хода уровня моря на пяти станциях Японского моря для низкочастотных уровней декомпозиции.

Кроме того, можно исследовать синхронизацию между уровнем моря и давлением воздуха. На рис. 6 представлен временной ход давления воздуха и уровня моря для 3-го уровня декомпозиции.



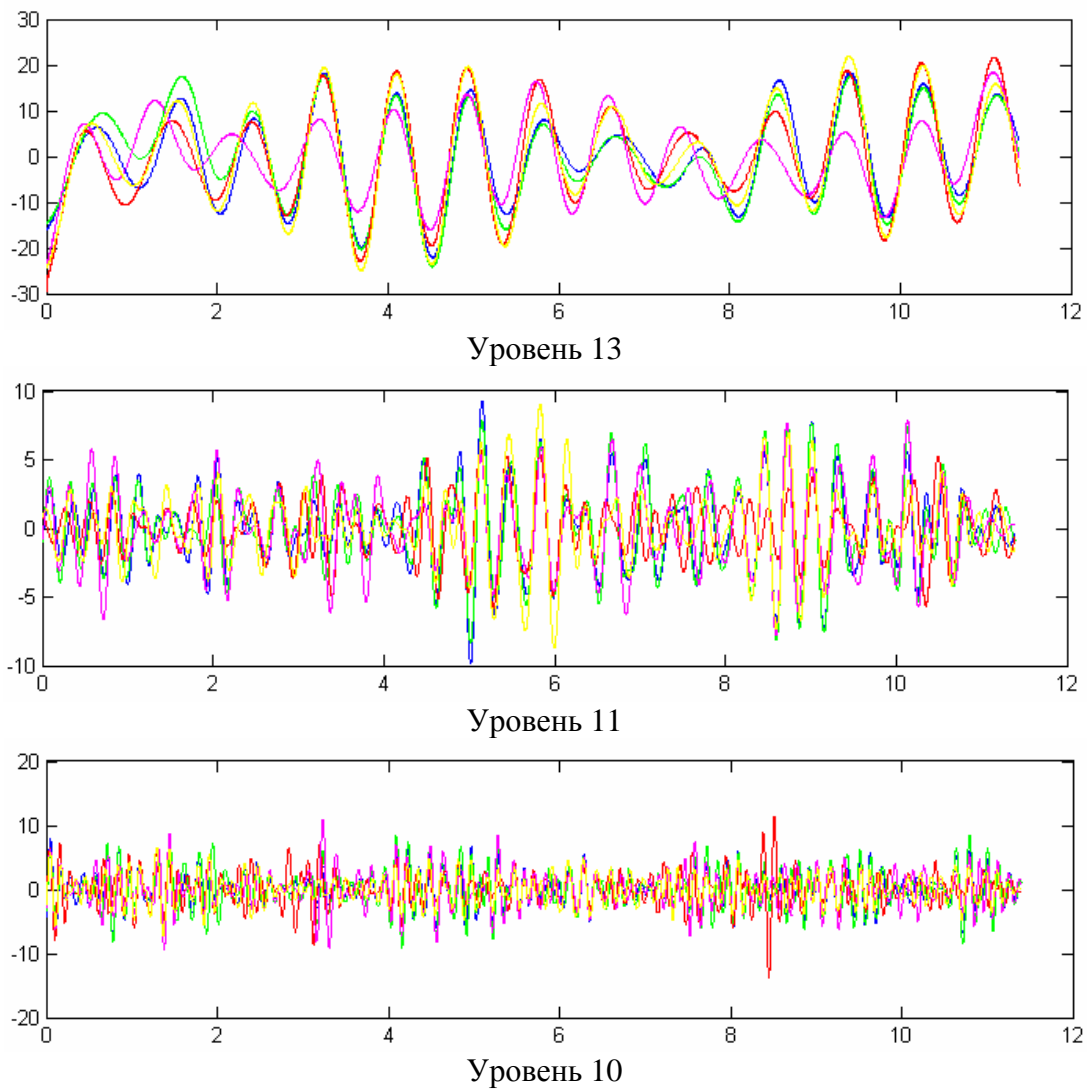


Рис. 5. Графики временного хода уровня моря на пяти станциях Японского моря

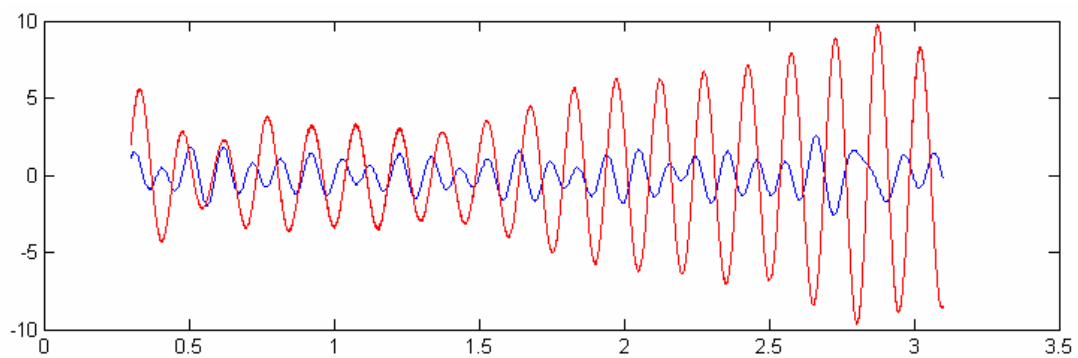


Рис. 6. Временной ход давления воздуха и уровня моря для 3-го уровня декомпозиции. Давление воздуха в миллибарах, колебания уровня моря в сантиметрах

Приведенные примеры декомпозиции наблюдений за уровнем моря свидетельствуют о том, что приливные колебания наблюдаются в широком диапазоне частот. В суточном и полусуточном диапазонах эти колебания являются квази-периодическими, а в остальных диапазонах частот имеют аперриодический характер. Отнесение последних к приливному обосновывается синхронизированностью их по пространству.

Изложенный метод декомпозиции может служить основой методов обработки временных рядов наблюдений в гидрометеорологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшулер В. М. Практические вопросы анализа и расчета морских приливов. Л.: ГИМИЗ, 1960, – 311 с.
2. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. М.: Мир, 1981 – Т. 2. – 365 с.
3. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // УФН. – 1998. – Т. 166. – №11. – С 1145–1170.
4. Jay D. A., Flinchem E. P. Wavelet transform analyses of non-stationary tidal currents. Proceedings of The IEEE Fifth Working Conference on Current Measurement, S. Andersen, J.R. – Appel, and A. E. Williams, eds. –1995. – P. 101–106.
5. Jay D. A., Flinchem E. P. Interaction of fluctuating river flow with a barotropic tide: a test of wavelet tidal analysis methods // J. Geophys. Res. – 1997. – 102. – 5705–5720.
6. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
7. Чуи К. Введение в вейвлеты – М.: Мир, 2001. – 412 с.
8. Strang G., Nguyen T. Wavelets and filter banks. – Wellesley-Cambridge Press, 1996. – 490 p.
9. Foreman M. G. G. Manual for tidal heights analysis and prediction. – Victoria: Institute of Ocean Sciences, 1996. – 58 p.

Y. N. Zhukov

Analysis of Tidal Variations by Temporal Series Based on Discrete Wavelet-Transformation

Employment of discrete wavelet-transformation for filtering and analysis of tidal variations is described. The time equidistant observations of the sea level serve as initial data.

ГРНТИ: 37.25.23

АНАЛИЗ СЕЙШЕВОЙ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ АМФИДРОМИЧЕСКИХ ТОЧЕК

Ю. Н. ЖУКОВ
(ГНИНГИ МО РФ)

Доказывается, что существование амфидромических точек не может быть обосновано суперпозицией сейшевых колебаний. Это связано с различием в аналитических свойствах сейшевых колебаний и колебаний, которые соответствуют структуре изолиний на приливных картах.

Пространственное распределение амплитуд приливных колебаний в морях и океанах обладает большой изменчивостью. Актуальность задачи изучения географического распределения пространственно-временной изменчивости приливов определяется значимостью информационного гидрометеорологического обеспечения деятельности на морях и океанах. Информация о пространственном распределении приливных колебаний актуальна для судоходства, построения навигационных карт морских

акваторий. В области геодезических задач – для уточнения земного геоида, в области гравитационного поля Земли – для выявления гравитационных аномалий, оценки вариаций гравитационного поля за счет приливных колебаний. В свою очередь, гравитационные вариации играют важную роль в задаче оценки траекторий движения низкоорбитальных спутников.

В настоящее время пространственное распределение приливных колебаний на акваториях отображается на приливных картах, которые строятся для отдельных гармонических составляющих. На такой карте отображаются изоамплитуды и изофазы (котидали) пространственного распределения гармонических постоянных для одной гармонической волны. Рисунок приливной карты дает информацию о «распространении» на акватории гармонической волны соответствующего периода.

Одной из наиболее своеобразных особенностей приливных карт является наличие так называемых амфидромических точек. Эти особенности не были предсказаны приливной теорией, а были эмпирически открыты Юэллом (Whewell) [1] в 1836 г. при построении карты котидалей для Северного моря. Для объяснения этого явления было предложено несколько кинематических моделей, представляющих собой формальную комбинацию тех или других теоретических волновых функций: например волны Кельвина, волны Свердруп, волны Пуанкаре [2]. Среди множества этих моделей есть одна, в основе которой используется физический реализуемый колебательный процесс, – это модель Гарриса. В ней приливные колебания представляются в виде суперпозиции стоячих волн. Считается, что амфидромические точки объясняются скрещиванием стоячих волн под некоторым углом [2]. Эта модель наиболее часто используется для объяснения и описания амфидромических точек на приливных картах. Именно модель Гарриса служит обоснованием наличия двух амфидромических точек в Северном море.

В предлагаемой статье показывается, что амфидромические точки не могут быть обоснованы этой моделью. Это связано с различием в аналитических свойствах сейшевых колебаний и колебаний, которые соответствуют структуре изолиний на приливных картах.

Доказательство основано на минимальном наборе предположений относительно свойств пространственного распределения приливных колебаний и не использует каких-либо конкретных наблюдений за приливами. Для определения исходного набора предположений рассмотрим условия, которые всегда учитываются при составлении приливных карт.

Во-первых, при построении приливных карт всегда предполагается непрерывность в значениях пространственно-временного распределения амплитуды и фазы прилива на рассматриваемой акватории. Это условие означает отсутствие разрывов в пространственно-временном распределении полей этих параметров. Во-вторых, при построении приливных карт всегда предполагается гладкость пространственно-временного распределения амплитуды и фазы приливных колебаний на акватории. Это означает

дифференцируемость пространственно-временных функций, описывающих распределение амплитуды и отсутствие разрывов в значениях соответствующих производных. Данные условия являются общепринятыми в океанографии, но обычно явно не оговариваются.

Эти свойства следуют из самой структуры изофаз и изоамплитуд любой приливной карты для акватории, на которой присутствуют амфидромические точки. На рис. 1 представлена типичная приливная карта для акватории Белого моря, взятая из работы [3].

Пространственное распределение гармонической волны на акватории в некоторый фиксированный момент времени описывается двумя гладкими действительными функциями – функцией амплитуды и функцией фазы. В работе [4] показано, что на основе этих двух функций можно перейти к комплексной голоморфной функции, описывающей мгновенное пространственное распределение приливных колебаний на акватории. Из голоморфности функции следует, что действительная и мнимая части этой комплексной функции являются гармоническими функциями и, следовательно, действительная и мнимая части обладают всем набором свойств гармонических функций [5]. Напомним только те из них, которые нам понадобятся в этой статье. Обозначим действительную часть голоморфной функции через $u(x, y)$, а мнимую часть через $v(x, y)$. Здесь (x, y) – пространственные координаты точки акватории.

Свойство 1. Действительная и мнимая части связаны соотношением Даламбера-Эйлера:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}. \quad (1)$$

Свойство 2. Отличная от постоянной гармоническая функция не может достигать экстремума во внутренней точке области определения.

Последнее соответствует наблюдаемому уменьшению амплитуд приливных колебаний при удалении от береговой черты и отражается на приливных картах (например на рис. 1).

Описание пространственного распределения приливных колебаний на основе голоморфных функций приводит к естественному определению амфидромической точки как особенности в поле фазы прилива (сингулярная точка). Существование амфидромической точки на акватории можно выявить по наблюдениям на береговых приливных пунктах, если воспользоваться понятием «индекса» аналитической функции [6].

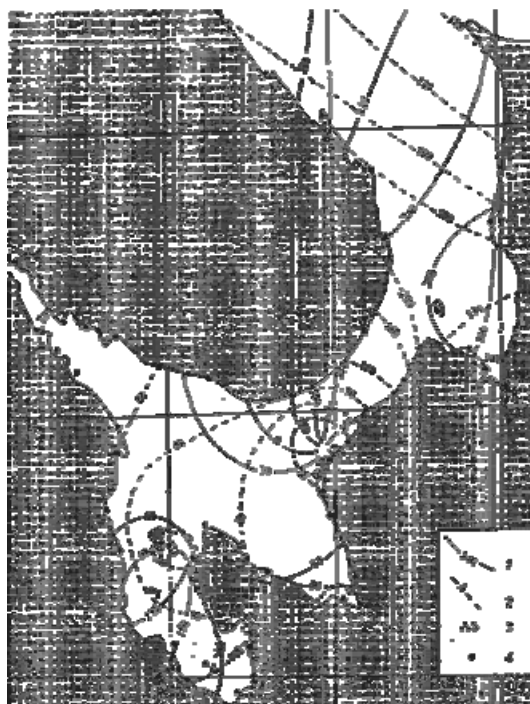


Рис. 1. Приливная карта составляющей волн M2 [3]:

1 – изофазы; 2 – изоамплитуды; 3 – амплитуда составляющей волны прилива в вершинах заливов; 4 – пункты с принятыми к расчету гармоническими постоянными

Перейдем к анализу сейшевой модели Гарриса образования амфидромических точек. В ней пространственное распределение приливных колебаний с амфидромическими системами представляется в виде интерференции двух стоячих волн. Суммарное колебание с амплитудой H и фазой g имеет вид [2]

$$\zeta(x, y, t) = \zeta_1 \cos(\sigma t) + \zeta_2 \sin(\sigma t), \quad (2)$$

где

$$\zeta_1 = S \sin(k'x + k''y) - n_s S \sin(k'x - k''y) \cos \psi;$$

$$\zeta_2 = -n_s S \sin(k'x - k''y) \sin \psi.$$

Здесь S и $n_s S$ – амплитуды стоячих волн, n_s – их отношение ($0 < n_s \leq 1$), ψ – разность фаз, k' и k'' проекции волнового вектора \vec{k} ($k' = |\vec{k}| \sin \alpha$; $k'' = |\vec{k}| \cos \alpha$), угол α определяет угол скрещивания стоячих волн $\gamma = 180^\circ - 2\alpha$.

Покажем, что сейшевая модель Гарриса не сводится к голоморфной функции. Для этого достаточно проверить соотношение Даламбера-Эйлера для выражения (2). Для фиксированного момента времени t_0 на основании (2) имеем

$$\begin{aligned}
 u(x, y) &= \zeta(x, y, t_0); \\
 v(x, y) &= \left. \frac{d\zeta(x, y, t)}{dt} \right|_{t=t_0} = \sigma(\zeta_2 \cos(\sigma t_0) - \zeta_1 \sin(\sigma t_0)).
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Дальнейшие выкладки можно не продолжать, так как появление в (3) множителя σ и минуса внутри скобки приводит к тому, что ни одно из соотношений Даламбера-Эйлера не выполняется ни при каких значениях переменных.

Именно отсутствие голоморфных свойств в сейшевой модели приводит к тому, что экстремумы уровня расположены внутри акватории, и поле фазы прилива может быть разрывной функцией. Эти свойства противоречат наблюдениям и структуре приливных карт, а, следовательно, модель не описывает амфидромические точки. Свойства сейшевой модели наиболее отчетливо проявляются на классических примерах построения амфидромических систем с использованием сейшевой модели Гарриса. На рис. 3 представлены основные типы амфидромических систем, получаемых на основе модели Гарриса [2].

Первое свойство сейшевой модели элементарно следует из выражения (2). Максимумы амплитуды колебаний уровня на рис. 3 расположены во всех центрах квадратов. Второе свойство явно выражается на рис. 3 г-е.

Для пояснения наличия разрывов в поле фазы рассмотрим схему простой одноузловой сейши в прямоугольном бассейне. На рис. 4 изображена схема положения уровня моря в некоторый фиксированный момент времени, соответствующий максимальному отклонению уровня от равновесного. В области, где уровень моря выше уровня узловой линии, во всех пространственных точках фаза прилива одна и та же – равная 0° . В области, где уровень моря ниже уровня узловой линии, во всех пространственных точках фаза равна 180° . На узловой линии фаза прилива не определена, поэтому ни одной изофазы провести нельзя. Нельзя их провести и для любого другого положения уровня, так как при изменении положения уровня моря фазы будут изменяться, но значения фаз в областях выше и ниже узловой линии во всех точках постоянны, а разность значений фаз по-прежнему составляет 180° . Поэтому ни для одного момента нельзя построить гладкое поле изофаз, а, следовательно, и получить приливную карту. Отметим, что распределение уровня моря имеет гладкий характер, хотя поле фазы и разрывно.

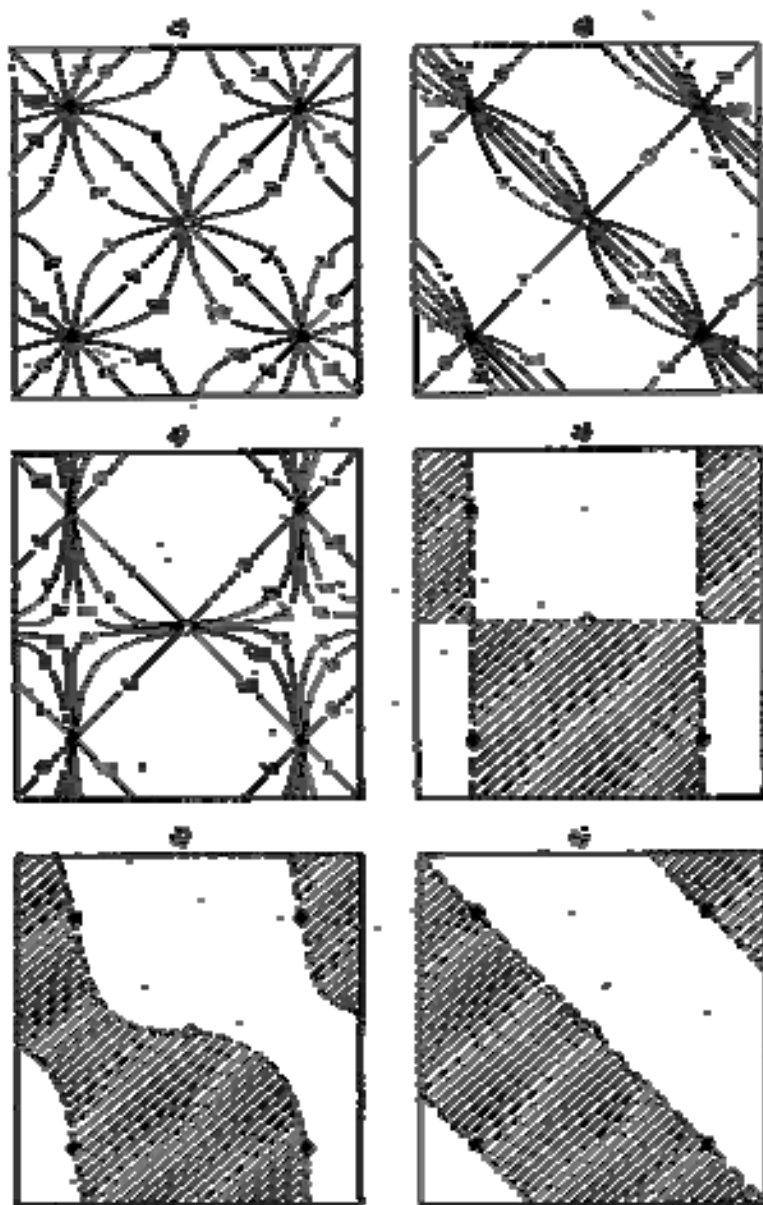


Рис. 3. Основные типы амфидромических систем, получаемых на основе модели Гарриса [2]:

а – «нормальная» амфидромия ($2\alpha = \pi/2$; $\psi = \pi/2$; $n_s = 1,0$); б – $2\alpha = \pi/2$; $\psi = \pi/2$; $n_s < 1,0$; в – $2\alpha = \pi/2$; $\psi < \pi/2$; $n_s = 1,0$; г – $2\alpha = \pi/2$; $\psi = 0$; $n_s = 1,0$; д – $2\alpha = \pi/2$; $\psi = 0$; $n_s < 1,0$; е – $2\alpha = \pi/2$; $\psi = 0$; $n_s = 0$. В случаях $\psi = 0$ светлые и заштрихованные зоны соответствуют областям, колеблющимся в противофазе

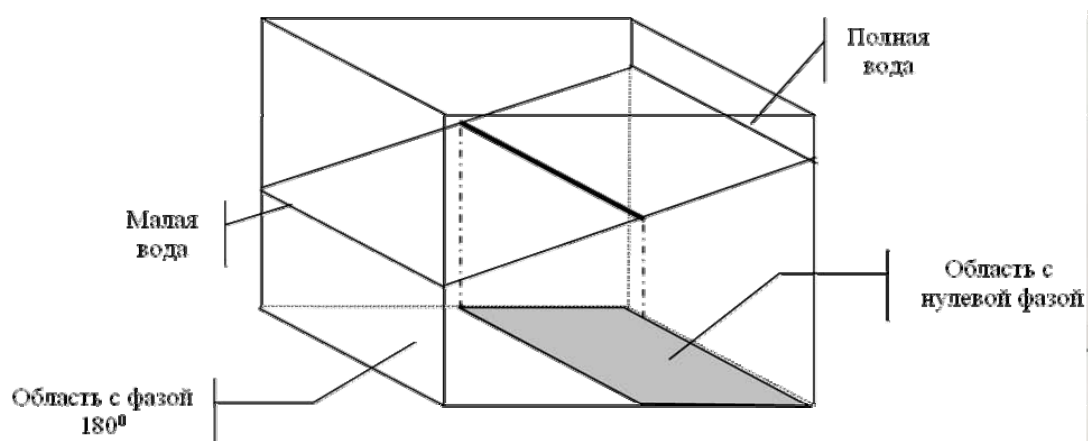


Рис. 4. Схема одноузловой сейши

Таким образом, показано, что сейшевая модель Гарриса не позволяет обоснованно объяснить возникновение амфидромических в пространственном распределении приливных колебаний. Этот вывод не отрицает возможности существования сейшевых колебаний уровня моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Whewell W. Researches on the Tides // Philosophical Transactions of the Royal Soc. of London. – 1836. – 126. – P. 289–307.
2. Некрасов А. В. Приливные волны в окраинных морях – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 247 с.
3. Богданов К. Т., Васильев А. С., Федорова Е. В. Распространение приливных волн и приливных колебаний уровня на акватории Белого моря// Труды ГОИН. – №207 С. 122 – 130.
4. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Методы теории функций комплексного переменного. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1951. – 606 с.
5. Жуков Ю. Н., Федорова Е. В. Аналитические принципы расчета приливных карт на основе теории функций комплексного переменного // Навигация и гидрография. – 2001. – №13. – С. 147 – 150.
6. Гахов Ф. Д. Краевые задачи. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 640 с.

Y. N. Zhukov

Analysis of the Seiche Model of the Amphidromic Points Formation

It is proved that the existence of the amphidromic points cannot be substantiated by the superposition of the seiche variations. This is connected with the difference in the analytical properties of the seiche variations and the variations that correspond to the structure of the isolines on the tidal charts.

НАНОБАКТЕРИЯ – НОВЫЙ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР

**Г. В. СМИРНОВ,
Д. Г. СМИРНОВ**

(Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники)

В статье приводятся экспериментальные данные, полученные при изучении нового класса бактерий, получивших название нанобактерий. Зарубежными исследователями доказано, что эти микроорганизмы могут быть причиной различных недугов человека и представляют значительную экологическую опасность. Исследования, проведенные авторами статьи, показывают, что одной из сред обитания нанобактерий является вода, в том числе и морская, что подтверждает экологический аспект проблемы, связанной с этими организмами.

Наряду с глобальными экологическими проблемами, которые являются следствием антропогенной деятельности (опустынивание земель, разрушение озонового слоя, парниковый эффект, загрязнение среды обитания, кислотные дожди, глобальное потепление и т. д.) [1], существует, на наш взгляд, еще одна, не зависящая от деятельности человека. Эта проблема связана с новым классом бактерий, открытым в последние годы. Неизвестные ранее бактерии, покрытые минеральной оболочкой и участвующие в возникновении разнообразных недугов человека, вошли в литературу под названием «каменных нанобактерий» [2 – 7]. Данная проблема представляет определенный интерес и для специалистов в области гидрографии и океанографии, поскольку нанобактерии, видимо, принимают участие в процессах седиментации грунтов и способны, следовательно, оказать воздействие на подводные объекты.

Официальной датой открытия «каменной» бактерии, названной за ее малые размеры нанобактерией, считается 1990 г. Широкое распространение нанобактерий в природе и активное участие их в минерализации осадочных пород впервые было установлено профессором геологии Техасского университета Робертом Фолком [2, 3], который обнаружил их в различных объектах окружающей среды: вблизи источников минеральной воды, в карбонатах, в окислах алюминия, в вулканическом туфе, в окислах алюминия и железа. Эти бактерии имеют овоидную или призматическую форму и по размерам, составляющим 0,2–0,5 мкм, занимают промежуточное положение между крупными вирусами и обычными бактериями. Из-за каменной оболочки бактерия не была доступна для многих исследователей. К настоящему времени Р. Фолк в соавторстве с другим техасским геологом Ф. Ланчем опубликовал уже более сорока работ, посвященных этой странной бактерии, в результате чего она попала в поле зрения биологов, врачей и астрономов.

Это открытие, возможно, так и осталось бы незамеченным, если бы не результаты исследований финских учёных [4 – 7], показавших, что одной из

причин камнеобразования в почках является именно этот вид бактерий. При помощи моноклональных антител нанобактерий, выделенных из зараженного нанобактерией организма, с использованием электронной и иммунофлюоресцентной микроскопии О. Каяндер и его коллеги доказали не только присутствие нанобактерии в почечных камнях, но и их участие в формировании уролитов. Таким образом, финскими исследователями впервые сделан крупный шаг в изучении нового механизма биоминерализации в организме человека, включая почечно-каменную болезнь и поликистоз почек.

Открытия Р. Фолка, О. Кайандера и ряда других авторов, показавших большое распространение нанобактерий в различных объектах окружающей среды и выявивших чрезвычайно большой круг заболеваний человека и животных, вызванных нанобактериями, стимулировали дальнейшие исследования авторов настоящей статьи. Результаты этих исследований, связанных с важнейшей экологической проблемой, были впервые опубликованы нами в России, в частности в монографии [8].

В настоящей статье приводятся некоторые результаты, полученные нами по этому новому экологическому фактору для питьевой воды г. Томска.

На стадии предварительных исследований использовался оптический поляризационный микроскоп с увеличением в 1200 раз. Для более контрастного видения нанобактерий в исследуемую воду добавлялась небольшое количество азотнокислого серебра. В каплях исследуемой воды, взятых из различных водоёмов Томской области, было обнаружено достаточно большое количества сфероподобных тел. Оценка их размеров показала, что диаметры этих тел лежат в диапазоне 0,3–0,7 мкм. Форма и размер наблюдаемых объектов, совпадающие с формой и размерами нанобактерий, открытых Р. Фолком и О. Каяндером, свидетельствует о том, что, вероятнее всего, мы также имеем дело с нанобактериями.

Проведенные при помощи поляризационного микроскопа исследования воды, взятой из Чёрного моря, также показали наличие в ней колоний сферолитных тел. Сферолиты, обнаруженные в каплях питьевой и морской воды идентичны, только в морской воде их концентрация значительно выше. Этот результат не является неожиданным, так как минеральный состав морской воды существенно богаче и разнообразнее состава обычной пресной воды. Более высокие концентрации нанобактерий в водах Чёрного моря могут в некоторой степени объяснить данные проведённого в Турции и Финляндии скринингового анализа заражённости населения нанобактериями. Такой анализ показывает, что в Турции степень заражённости населения нанобактериями составляет 80%, тогда как в Финляндии – всего 5% [8].

Для более детального исследования питьевой воды г. Томска и населённых пунктов Томской области были проведены исследования с помощью электронной сканирующей микроскопии. На рис. 1 приведены полученные с помощью электронного микроскопа фотографии колоний нанобактерий из осадков воды, взятых с фильтров водозаборов в различных

населённых пунктах Томской области. Для сравнения на рис. 2 приведены колонии нанобактерий, обнаруженные нами в зубных камнях человека, любезно предоставленных нам для исследования стоматологами г. Томска. Изображения на рис. 1 и 2 показывают, что размер и форма нанобактерий, обнаруженных в воде и в зубных камнях человека одинаковы. И те, и другие нанобактерии имеют сфероподобную форму и диаметр 0,3–0,5 мкм. В обоих случаях в оболочке нанобактерий обнаруживаются питательные отверстия. Однако у нанобактерий из осадков воды и нанобактерий из зубных камней питательные отверстия различны. В первом случае в оболочке нанобактерий имеется, как правило, одно отверстие, напоминающее по форме яблоко, во втором случае – два, три и более расположенных рядом отверстий.

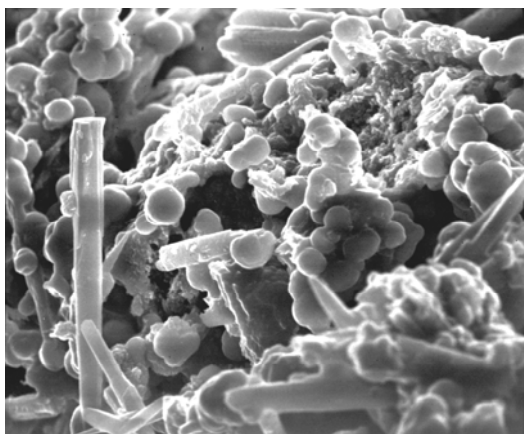


Рис. 1. Конденсат питьевой воды. Колонии нанобактерий овоидной формы (диаметр нанобактерий 0,4–0,5 мкм, x5000)

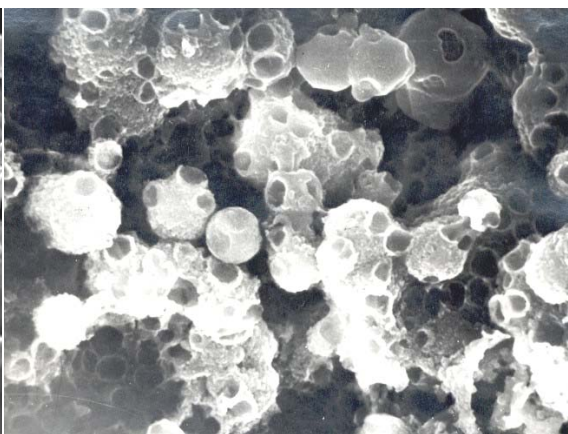


Рис. 2. Колонии нанобактерий из зубного камня (диаметр нанобактерий 0,4–0,5 мкм, x5000)

Рентгеноструктурный анализ зубных камней показал, что в состав их входит гидроксил-апатит $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ и ветлонит $(\text{CaMg})_3(\text{PO}_4)_2$. Это несколько отличается от данных, полученных для почечных камней Р. Фолком и О. Кайандером, которые указывают, что оболочки нанобактерий состоят из карбонат-апатита $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \times (\text{CO}_3) \times (\text{Fe}_1\text{OH})_2$.

Рентгеноструктурный анализ тех же самых образцов осадков воды, проведенный на установке ДРОН-3, показал высокую степень раскристаллизации образца и высокий фон, обусловленный высоким содержанием в образце железа. Несмотря на эти мешающие контролю факторы, рентгеноструктурный анализ позволил установить наличие в исследуемом образце большого количества (более четырех) минеральных фаз.

С помощью рентгеноструктурного анализа установлен состав осадков питьевой воды в водозаборах г. Томска и других населённых пунктах Томской области, показавший, что основными веществами, входящими в состав этих осадков являются такие минералы, как марказит $[\text{FeS}_2]$; окислы и гидроокислы – (гетит $[\alpha\text{-FeOOH}]$, ферригидрит $[2,5 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \times 4,5 \text{ H}_2\text{O}]$, лепидокрит $[\gamma\text{-FeOOH}]$, гиббсит $[\text{Al}(\text{OH})_3]$, берниссит $[\text{Na}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{Mn}_7\text{O}_{14} \times 2,8$

H₂O), гематит [Fe₂O₃], вернадит [δ-MnO₂], бузерит-1 [MnOOH], кварц [SiO₂], карбонаты – (арагонит [CaCO₃], кальцит [CaCO₃], родохрозит [MnCO₃], сидерит [FeCO₃]), фосфаты – (рокбриджит [(Fe²⁺, Mn)Fe³⁺]₄[(OH)₅(PO₄)₃], вивианит [Fe₃(PO₄)₂×8 H₂O], дофренит Fe²⁺₃Fe³⁺₆[(OH)₃/(PO₄)₃], бераунит [Fe³⁺₃(OH)₃(PO₄)₂×2,5 H₂O], штрэнгит [Fe₃+(PO₄)×2 H₂O], скорзалит [(Fe²⁺, Mg)Al₂(OH/PO₄)₂], парбигит [Ca₂(Fe, Mg, Sr, Ba) (PO₄)₂×4 H₂O], штрунцит [MnFe³⁺₂(OH/PO₄)₂×8 H₂O]), алюмосиликаты – беделлит [Al₂[Si₄O₁₀](OH)₂×n H₂O], каолинит [Al₄[Si₄O₁₀](OH)₈], монтмориллонит [m{Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂×n H₂O}×p{(Al, Fe₃)₂[Si₄O₁₀](OH)₂}] и органические соединения.

Отсутствие в составе водных осадков карбонат-апатита, гидроксил-апатита и ветлонита, с одной стороны, и обнаружение при помощи электронной микроскопии в этих осадках колоний нанобактерий, совпадающих по размерам и форме с нанобактериями в зубных камнях, с другой, заставляют сделать один из следующих выводов:

А) нанобактерии одинаковы, но свою каменную оболочку они строят из «подручного» материала в зависимости от среды обитания, например из парбигита или бераунита;

Б) при одинаковом составе оболочки нанобактерий чувствительность рентгенофазного анализа недостаточна для того, чтобы на фоне мешающих факторов при анализе осадков питьевой воды обнаружить пики карбонат-апатита, гидроксил-апатита или ветлонита;

В) нанобактерии, обнаруженные в осадках воды и в зубных камнях – это разные бактерии.

Для окончательного вывода требуется проведение комплекса дополнительных исследований с привлечением специалистов-генетиков и физиологов. Однако в любом случае очевиден тот факт, что мы имеем дело с новым видом бактерий, которые по праву называются «каменными нанобактериями».

Таким образом, открытие колоний нанобактерий в различных природных объектах: в морской и пресной воде, в минералах, нефти, железных и алюминиевых конгломерациях, а также данные о том, что нанобактерии являются причиной чрезвычайно широкого класса заболеваний человека и животных – это убедительный аргумент, доказывающий, что нанобактерия – новый, не известный ранее экологический фактор, наличие которого по степени, широте и опасности его воздействия на человека и животных следует отнести к глобальным экологическим проблемам современности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глобальное потепление: Доклад Гринпис/ Под. ред. Дж. Леггета. Пер. с англ. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 272 с.
2. Folk R. L. SEM imaging of bacteria and nanobacteria in carbonate sediments and rocks // J. Sediment. Petrol. – 1993. – No 63. – P. 990–999.
3. Folk R. L. , Lunch F. L. Nanobacteria are alive on Earth as well as Mars. – Proceeding SPIE San Diego V3111. – P. 406–419.
4. Kajander O. Nanobacteria // Proc. Nat. Acad. Sa USA 1998. – P. 8270–8274.
5. Ciftcioglu N., Kajander E. G. Interaction of nanobacteria with cultured mammalian cells // Pathophysiology . – 1998. – Vol. 4. – P. 259–270.
6. Kajander E. O. and Ciftijglu N. Nanobacteria: an alternative mechanism for pathogenic infra- and extracellular calcification and stone formation // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1998. – P. 253–257.
7. Kajander E. O., Liesi P. Do autonomously replicating sterile-filterable particles have an association with amyloid accumulation? – Viruses and virus-like agents in disease. – 2nd Karger Symposium, Basel, 1993. – Abstract No. M 10. – P. 41.
8. Волков В. Т., Смирнов Г. В., Волкова Н. Н.. Нанобактерия (перспективы исследований). Томск.: Изд-во «твердыня», 2003. – 359 с.

G. V. Smirnov,

D. G. Smirnov

Nanobacterium – a New Hydroecological Factor

Experimental data connected with studies of a new class of bacteria that have been called the “Nanobacteria” are presented. It is pointed out that the recent investigations covered in different scientific works by the foreign authors, have shown that this kind of bacteria can cause various human diseases and is, therefore, dangerous from the ecological point of view. The data of our explorations show that water, including sea water, is one of the habitats for these nanobacteria. These data confirm the ecological aspect of the problem connected with nanobacteria.

АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ БАРАНОВ

13.02.1927 – 2.05.2004

2 мая 2004 г. после тяжелой болезни скончался видный ученый-гидрограф, специалист в области радионавигации, участник Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., кавалер орденов Боевого Красного Знамени и Отечественной войны II степени, капитан 1 ранга в отставке, создатель и сотрудник журнала «Навигация и гидрография» Алексей Иванович Баранов.

Службу в ВМФ А. И. Баранов начал в 1943 г. юнгой на торпедных катерах Балтийского флота, участвовал в боях на море, проявляя героизм и отвагу. В 1945 г. он был направлен в Военно-Морское подготовительное училище, а затем в Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе.

После окончания училища в 1952 г. Алексей Иванович был назначен в радиодальномерную партию Балтийской гидрографической экспедиции. В 1957 г. как опытный специалист в области радионавигации он был назначен в Институт ВМФ, где стал видным ученым-радионавигатором. Результатом реализации научных работ А. И. Баранова стало оснащение в 1960–1983 гг. кораблей и судов ВМФ и подразделений Гидрографической службы радионавигационными приборами и системами.

С 1983 г., после увольнения в запас, а потом и в отставку Алексей Иванович занимался научно-редакторской деятельностью. Ему принадлежит идея создания журнала «Навигация и гидрография». Благодаря его трудам и энергии, журнал издается и пользуется большим спросом у специалистов. Такие качества Алексея Ивановича как честность, порядочность, скромность, доброта, отзывчивость и высокий профессионализм, снискали ему уважение и любовь всех, кто общался с ним и работал.

Товарищи, сослуживцы и все, кто знал Алексея Ивановича Баранова, надолго сохранят добрую память о нем как о Настоящем Человеке и Офицере.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

АБРАМОВ Александр Михайлович, заместитель начальника НИЦ ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе (1982) и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (1995). Специализация – гидрография и океанография. Автор более 10 печатных трудов.

АЛЕКСЕЕВ Сергей Петрович, начальник ГНИНГИ МО РФ, заслуженный военный специалист РФ, председатель СПб регионального отделения Российского общественного института навигации, академик Академии транспорта РФ, контр-адмирал, докт. техн. н. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе (1972) и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (1983). Специализация – штурман. Автор более 100 печатных трудов.

БАТУЕВ Александр Николаевич, младший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, лейтенант. Окончил Санкт-Петербургский военно-морской институт (2003). Специализация – навигация. Автор одной печатной работы.

БУБЛИК Сергей Матвеевич, заместитель начальника отдела ГНИНГИ МО РФ, капитан 2 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола (1985). Специализация: спутниковая навигация. Автор 6 публикаций.

ГАСНИКОВ Олег Александрович, старший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ. Окончил Ленинградское высшее инженерное морское училище им. адм. С. О. Макарова (1977), Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (1992). Специализация: гидрометеорология, вычислительная техника. Автор более 20 научных публикаций.

ЖУКОВ Юрий Николаевич, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, канд. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт (1972). Специализация – гидрометеорология. Автор более 20 печатных трудов.

ЗУБЧЕНКО Эдуард Семенович, преподаватель кафедры военной гидрографии и океанографии Военно-морской академии, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., старший научный сотрудник. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе (1961), Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (1972). Специализация – гидрография, аэрокосмические методы сбора гидрографической информации. Автор более 15 печатных трудов.

Alexandr M. ABRAMOV, Deputy Chief of the Research Centre, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank. Graduated from Frunze Naval College (1982), Naval Academy (1995). Speciality: hydrography, oceanography. Author of more than 10 publications.

Sergey P. ALEKSEYEV, Chief of the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Rear-Admiral, DSc, Honoured Military Specialist, chairman of St. Petersburg regional branch of the Russian Public Institute of Navigation, member of the Academy of Transport, RF. Graduated from Frunze Naval College (1972) and Naval Academy (1983). Speciality: navigation. Author of more than 100 publications.

Alexander N. BATUEV, junior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, MoD RF, lieutenant. Graduated from the St. Petersburg Naval Institute (2003). Speciality: navigation. Author of one publication.

Sergei M. BUBLIK, deputy chief of division, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 2-nd rank. Graduated from Naval College of Submerged Sailing (1985). Speciality: satellite navigation. Author of six publications.

Oleg A. GASNIKOV, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Graduated from Leningrad Higher Engineering Marine College (1977) and St. Petersburg State Polytechnical University (1992). Speciality: hydrometeorology, computer science. Author of more than 20 publications.

Yuri N. ZHUKOV, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, CandSc. Graduated from Leningrad Hydrometeorological Institute (1972). Speciality: hydrometeorology. Author of more than 20 publications.

Edward S. ZUBCHENKO, teacher, Department of Military Hydrography and Oceanography, the Naval Academy, DSc, senior researcher, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Frunze Naval College (1961), the Naval Academy (1972). Speciality: hydrography, aerospace methods of collecting the hydrographic information. Author of more than 15 publications.

ИВАНОВ Борис Евгеньевич, главный научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки и техники, председатель секции НТО им. акад. А. Н. Крылова. Окончил Балтийское высшее военно-морское училище (1957), Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (1969). Специализация – морская геодезия, гравиметрия, гидрография, навигация. Автор около 200 печатных трудов.

КАЛОШИН Геннадий Александрович, ведущий научный сотрудник Института оптики атмосферы СО РАН, канд. физ.-мат. н. Специализация – оптика атмосферы и оптико-электронные системы. Автор более 90 научных трудов, ряда патентов.

МАЛЕЕВ Павел Иванович, ведущий научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга в отставке, докт. техн. н. Окончил Казахский государственный университет (1952), Специальные курсы при Военно-морской академии им. А. Н. Крылова (1953). Специализация – технические средства навигации. Автор около 200 печатных трудов.

МАСТРЮКОВ Сергей Иванович, начальник отдела ГНИНГИ МО РФ, полковник, канд. техн. н. Окончил Ленинградский гидрометеорологический институт (1978). Специализация – океанология. Автор более 10 печатных трудов.

МИХАЛЬСКИЙ Виталий Александрович, старший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 1-го ранга в отставке, канд. техн. н., доцент. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола (1955). Специализация: прикладная теория вероятностей и метрология в задачах кораблевождения. Автор более 180 печатных трудов.

ОБУХОВ Алексей Юрьевич, начальник информационного отдела ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе (1987) и Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (1998). Специализация – военный гидрограф. Автор 12 печатных трудов.

ОПАРИН Александр Борисович, начальник НИЦ ГНИНГИ МО РФ, капитан 1 ранга, докт. техн. н., старший научный сотрудник. Окончил Высшее военно-морское училище им. М. В. Фрунзе (1977) и Высшие специальные офицерские классы (1984). Специализация – военный инженер-гидрограф. Автор около 60 печатных трудов.

ПЫЛАЕВ Андрей Александрович, зав. лабораторией НИИ Радиофизики Санкт-Петербургского Госуниверситета, канд. физ.-мат. наук. Окончил Ленинградский государственный университет (1962). Специализация – радиофизика. Автор 24 научных работ.

Boris E. IVANOV, chief researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank (Ret.), DSc, professor, RF State Prize Winner, Honoured Scientist, chairman of Krylov STO section. Graduated from Baltic Naval College (1957) and Naval Academy (1969). Speciality: marine geodesy, gravimetry, hydrography, navigation. Author of about 200 publications.

Gennady A. KALOSHIN, leading researcher, Institute of Atmospheric Optics SB RAS, CandSc. Speciality: atmospheric optics and optical-electronic devices. Author of more than 90 publications and a number of patents.

Pavel I. MALEYEV, leading researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Captain 1st rank (Ret.), DSc. Graduated from Kazakh State University (1952), Specialized Course at Krylov Naval Academy (1953). Speciality: technical means of navigation. Author of about 200 publications.

Sergei I. MASTRYUKOV, chief of division, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Colonel, CandSc. Graduated from St. Petersburg Hydrometeorological Institute (1978). Speciality: oceanology. Author of more than 10 publications.

Vitaly A. MIKHALSKY, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, CandSc, Senior reader, Captain 1-st rank (Ret.). Graduated from Naval College of Submerged Sailing (1955). Speciality: applied probabilities theory and metrology used for ship navigation. Author of more than 180 publications.

Alexei Y. OBUKHOV, chief of information division, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1st rank. Graduated from Frunze Naval College (1987), Naval Academy (1998). Speciality: military hydrographer. Author of 12 publications.

Alexandr B. OPARIN, chief of Research Centre, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 1-st rank, senior researcher, DSc. Graduated from Frunze Naval College (1977) and Higher Officers' Classes (1984). Speciality: military engineer-hydrographer. Author of about 60 publications.

Andrey A. PYLAEV, head of laboratory, Research Institute of Radiophysics, St. Petersburg State University, CandSc. Graduated from Leningrad State University (1962), speciality: radiophysics. Author of 24 publications.

СМИРНОВ Геннадий Васильевич, заведующий кафедрой радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, докт. техн. н., профессор, академик МАНЭБ. Окончил Томский политехнический институт (1970). Специализация – физическая электроника. Автор более 250 печатных трудов.

СМИРНОВ Дмитрий Геннадьевич, студент Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Специализация: экология. Автор семи печатных трудов.

ТОКАРЕВ Юрий Витальевич, старший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ, капитан 2 ранга. Окончил Высшее военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола (1991), Высшие специальные офицерские классы ВМФ (1999), Военно-морскую академию им. Н. Г. Кузнецова (2002). Специализация: спутниковая навигация.

ТРЕГУБОВ Виктор Свиридович, старший научный сотрудник ГНИНГИ МО РФ. Окончил Государственную морскую академию им. адм. С. О. Макарова (1975). Область научных интересов – радионавигация. Автор 80 печатных трудов.

ШИШКИН Сергей Александрович, младший научный сотрудник Института оптики атмосферы СО РАН. Специализация – компьютерное моделирование. Автор трех научных публикаций.

Gennady V. SMIRNOV, head of department, Radioelectronic Technologies and Ecological Monitoring, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, DSc, professor, academician of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences. Graduated from Tomsk Polytechnical Institute (1970), majoring in physical electronics. Author of more than 250 scientific publications.

Dmitry G. SMIRNOV, student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, majoring in ecology. Author of seven scientific publications.

Yuri V. TOKAREV, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute, Captain 2-nd rank. Graduated from Naval College of Submerged Sailing (1991), Higher Special Officers' Classes (1999), Naval Academy (2002). Speciality: satellite navigation.

Victor S. TREGUBOV, senior researcher, the State Research Navigation-Hydrographic Institute. Graduated from Makarov State Maritime Academy (1975). Speciality: radionavigation. Author of 80 publications.

Sergey A. SHISHKIN, junior researcher, Institute of Atmospheric Optics, SB RAS, Masters Degree. Speciality: computer simulation. Author of three publications.



ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

В №17 за 2003 г. журнала «Навигация и гидрография» на стр. 71. следует читать Dilution вместо Delution

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПОДПИСКА

Информация о правилах оформления подписки на издания Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны Российской Федерации

Юридические и физические лица могут приобрести следующие издания ГНИНГИ МО: журнал «Навигация и гидрография», материалы Российской научно-технической конференции «Современное состояние и проблемы навигации и океанографии», а также информационно-аналитические материалы, разработанные отделом военно-научной информации (аналитические обзоры, аналитические и информационные справки).

Приобрести издания ГНИНГИ МО РФ можно, оформив заказ на номер/номера журнала и/или сборники докладов конференций НО-2001, НО-2004, сборник информационно-аналитической информации (на CD) как за наличный, так и безналичный расчет.

Заказ можно оформить на любой номер журнала, начиная с первого.

Время оформления подписки или заказа не ограничено.

В 2004 году ГНИНГИ МО РФ будут изданы:

- 18 и 19 номера журнала «Навигация и гидрография»;
- сборник «Труды конференции "НО-2004"» в двух томах;
- сборник информационно-аналитических материалов на CD.

Цена одного номера (выпуска):

- журнала «Навигация и гидрография» – 150 руб.;
- сборник «Труды конференции "НО-2001"» в двух томах – 1000 руб.;
- сборник «Труды конференции "НО-2004"» в двух томах – 3000 руб.;
- сборник «Труды конференции "НО-2004"» в двух томах на CD – 1000 руб.;
- сборник информационно-аналитических материалов на CD – 1500 руб.

На все перечисленные издания НДС не начисляется.

Заполненный бланк-заказ просим высылать

Начальнику ГНИНГИ МО РФ

по адресу: Кожевенная линия 41, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

Копию платежного поручения следует направить по тел/факсу (812) 327-99-80 или выслать начальнику отдела военно-научной информации Обухову Алексею Юрьевичу по адресу Кожевенная линия, 41, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

Информация для авторов

В журнале публикуются результаты исследований в области навигации, гидрографии, океанографии, гидрометеорологии, морской картографии, морской геофизики и экологии. Издание освещает концептуальные научные положения и осуществляет оперативную публикацию новейших теоретических исследований. Журнал знакомит с передовыми техническими достижениями, с материалами симпозиумов, конференций и хроникой важнейших событий научной жизни. Статьи журнала рецензируются.

Требования к оформлению материалов

Статьи принимаются на дискетах 3,5" или CD в формате текстового редактора MS Word for Windows (версия не ранее 1997 г.) с приложением текста на бумаге (размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5). Все материалы должны быть подписаны авторами.

Объем статьи не должен превышать 0,5 авторского листа (20 000 печатных знаков), включая рисунки, таблицы и список литературы.

Название статьи должно в наиболее краткой форме отражать ее содержание.

В статье указывается *индекс ГРНТИ*. К работе прилагается *аннотация* (объемом не более 150 слов) и *сведения об авторах* (ФИО полностью; полное название учреждения, где работает автор; должность; ученая степень; воинское звание; год окончания и полное название высшего учебного заведения, которое закончил автор; специализация, количество опубликованных научных трудов). Аннотация и сведения об авторах представляются *отдельными файлами*. Следует указать почтовый и электронный *адреса авторов*, а также служебные и домашние номера телефонов. К рукописи прилагается *сопроводительное письмо* организации, где выполнено данное исследование, и один экземпляр оформленного в соответствии с требованиями приказа Министра обороны Российской Федерации №355–96 г. *экспертного заключения* о возможности открытого опубликования представленных материалов.

Для *написания формул и символов, входящих в формулы, в тексте* следует использовать редактор формул MS Word for Windows.

Используемые в статье *величины и единицы измерения* должны соответствовать стандартным обозначениям согласно Международной системе единиц СИ.

Рисунки представляются *отдельным файлом* в форматах .bmp, .jpg или .gif с разрешением до 300 DPI. Все рисунки должны быть размером не более 210×140 мм и иметь порядковые номера и подписи.

Таблицы должны иметь порядковые номера и названия. Длина строки таблиц при шрифте "Arial" размером 9 не должна превышать 140 мм. При этом таблицы, у которых длина строки при указанном шрифте превышает 145 мм, должны иметь вертикальную ориентацию.

Список использованной литературы составляется на языке оригинала (исключение – языки с иероглифическим написанием слов) в порядке ссылок на источники по тексту. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках, где указывается номер работы по списку. В списке литературы указываются: фамилии и инициалы авторов, полное название книги или статьи, название сборника, город, издательство, год, том, номер, *страницы*.

Материалы, отправляемые по электронной почте, следует направлять в виде присоединенных к письму файлов. Размер одного сообщения не должен превышать 0,5 Мб. Письма большего объема необходимо компрессировать архиваторами (ZIP, RAR) или разделять. Графические файлы не должны содержать более одного рисунка.

**Адрес редакции: Кожевенная линия, 41, Санкт-Петербург, 199106, Россия.
Телефон: (812) 322-21-42 (доб. 215), 322-22-43, 322-18-88 (доб. 249),
Факс: (812) 327-99-80, 322-33-19 (с 9.00 до 17.00).
E-mail: gningi@navy.ru**

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ, 2004, №18

Научный редактор П. И. Малеев

Редактор И. Ю. Бугрова

Компьютерная верстка: Т. А. Лавринович

Подписано в печать 01.11.2004 г.

Заказ №

Рег. № 013267 от 26.01.95 г.

Комитет РФ по печати

© Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт
Министерства обороны Российской Федерации