

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ.

На правах рукописи

УДК 551.509.22 : 551.468 (265.1)

БОЛДЫРЕВ БОРИС ЮРЬЕВИЧ

**Разработка концепции комплексной  
системы гидрометеорологического обеспечения безопасности  
мореплавания на Каспийском море.**

Специальность: 25.00.28- Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2009

Работа выполнена на кафедре географии Астраханского государственного университета.

**Научный руководитель:** доктор географических наук, профессор кафедры географии АГУ Бухарицин Петр Иванович.

**Официальные оппоненты:**

доктор географических наук, профессор Малинин Валерий Николаевич.

кандидат технических наук, доцент Щенников Дмитрий Леонидович.

**Ведущая организация:** Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт МО РФ.

Защита состоится " 28 " мая 2009 г. в 17.00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.197.02 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, 98, ауд. 308.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета.

Автореферат разослан " 10 " апреля 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат географических наук

В.Н. Воробьев

14. Систематизация условий мореплавания по степени риска под влиянием неблагоприятных факторов // Естественные и технические науки//№ 12, Москва, Издательство «Спутник+», 2008, (соавторы Ю. В. Дозорцева) - включен в перечень ВАК.

15. Погодные особенности Каспийского моря в холодный период 2007/08г.г./Метеорология и гидрология // Москва,2008, №12 (соавторы Ю. В. Дозорцева, А.Н. Андреев)- включен в перечень ВАК.

6. Основные задачи по гидрометеорологическому обеспечению на Каспийском море в современных условиях. // Материалы Первой Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (16-18 февраля 2005г., г. Астрахань). Астрахань 2005, - С. 33. (соавтор Бухарицин П.И.).

7. Ледовые процессы на Нижней Волге и Северном Каспии зимой 2006/2007гг. // Материалы второй Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспийского моря в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (28-30 августа 2007г., г. Астрахань). Астрахань, 2007. С. 26-29. (соавтор Бухарицин П.И.).

8. Пользование современных ГИС-технологий в решении задач гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания. // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. - №2 (26) / 2007. Издательский дом «Астраханский университет», 2007. С. 48-56. (соавтор Бухарицин П.И.).

9. Использование ГИС в целях обеспечения безопасности мореплавания. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: «Водные ресурсы Волги: настоящее и будущее, проблемы управления» (3-5 октября, 2007г., г. Астрахань). Астрахань, 2007. С. 43-45. (соавторы Шишканова Н.В., Дозорцева Ю.В., Бухарицин П.И.).

10. Использование геоинформационных систем при осуществлении гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания на Каспийском море (Вестник АГТУ, 2007) (соавторы Шишканова Н.В., Бухарицин П.И.).

11. Особенности ветрового режима над акваторией Каспийского моря в 2003 году (Вестник АГУ, 2007) (соавторы Андреев А.Н., Бухарицин П.И.).

12. Гидрометеорологическое обеспечение поисковых работ на шельфе Северного Каспия в зимний период (Вестник АГУ, 2007) (соавторы П. И. Бухарицин, Ю. В. Дозорцева.) - в печати.

13. Особенности ветрового режима Каспийского моря в холодный период 2007/08 г.г.//Вестник Воронежского государственного университета, № Воронеж, 2008, (соавторы Ю. В. Дозорцева, А.Н. Андреев) – в печати.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Значительные геополитические изменения, произошедшие в мире и прикаспийском регионе за последние годы, в корне изменили политическую и экономическую ситуацию в данном регионе. Россия всесторонне укрепляет свое влияние в прикаспийском регионе. Как следствие объем морских перевозок, морских переходов, всего объема мореплавания растет из года в год. Потребность в увеличении объема специализированного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности очевидна. Проводимые в последнее время нефтяными компаниями в мелководной части Северного Каспия поисковые работы по разведке углеводородного сырья требуют также серьезного научного, экологического, технического и гидрометеорологического обеспечения. Анализ имеющихся данных по отраслям экономики показывает, что из общей суммы ущерба, наносимого неблагоприятными погодными условиями, на долю сельского хозяйства приходится 65%, на авиацию 45%, на строительство 38%, в морской деятельности – 68%. Причем предотвратительный ущерб (т.е. тот, который можно предотвратить, используя гидрометеорологическую информацию) по экспертным оценкам отечественных и зарубежных специалистов составляет до 20% от суммы ущерба. Таким образом, эффективность использования гидрометеорологической информации выражается в реальной экономии материальных средств в тех областях производства, где учитываются погодные условия при планировании и организации своей деятельности. Учитывая то, что прикаспийские страны предусматривают значительное расширение использования природных ресурсов, возрастает и важность гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в Каспийском регионе.

**Цель работы** - разработка концепции комплексной системы гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, морских перевозок и проведения операций по добыче и транспортировке углеводородного сырья на акватории Каспийского моря.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Исследование пространственно-временных закономерностей гидрометеорологических характеристик Каспийского моря, влияющих на безопасность мореплавания.

2. Разработка и создание электронного «Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги» в целях оперативного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности в ледовых условиях.

3. Комплексный анализ гидрометеорологических, технических, человеческих факторов с целью выработки интегрированного коэффициента степени риска безопасности мореплавания.

4. Внедрение новых форм и способов представления специализированной гидрометеорологической информации с использованием новых современных информационных и телекоммуникационных технологий для гидрометеорологического обеспечения мореплавания.

#### **На защиту выносятся:**

1. Алгоритм совокупного учета и модель оценки влияния совокупных (гидрометеорологических, судовых, человеческих) факторов с целью выработки единого, интегрированного коэффициента степени риска безопасности мореплавания.

2. Структурная модель доведения гидрометеорологической информации на суда в море с использованием новых современных информационных и телекоммуникационных технологий.

3. Электронный «Атлас ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги» и его использование в целях гидрометеорологического обеспечения морской деятельности на Каспийском море.

#### **Научная новизна работы.**

1. Впервые разработана, испытана и внедрена методика учета совокупного влияния гидрометеорологических, технических и человеческих факторов путем расчета коэффициента степени риска мореплавания.

2. Усовершенствована система помощи принятия решений при управлении силами морского флота.

3. Предложена новая технология доведения гидрометеорологической информации на суда в море с использованием новых современных информационных и телекоммуникационных достижений.

4. Впервые создан электронный каталог «Атлас ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги».

#### **Практическая значимость работы.**

Испытана и внедрена методика учета совокупного влияния гидрометеорологических, технических и человеческих факторов путем расчета коэффициента степени риска мореплавания. Предложены прогрессивные технологии для совершенствования предоставления гидрометеорологической информации судоводителям.

#### **Апробация работы и публикации.**

Диссертационная работа является итогом научных исследований, проведенных автором в период с 2002 по 2006 год. Основные результаты диссертационной работы докладывались: на научно-практическом совещании «Гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности в Аркти-

ционных (авиационных и спутниковых) методов, стационарных наблюдений, выполненных на береговых гидрометеорологических станциях, а также данных полевых исследований, полученных во время зимних ледовых экспедиций (на ледоколах, гидрографических судах, дрейфующих льдинах и вертолетах) в различные по суровости зимы, гидросиноптические ситуации, в условиях изменяющегося фоновое уровня моря (фотографии, схемы, карты, графики, формулы и прогностические зависимости).

При создании электронной версии атласа ледовых образований применена геоинформационная система Arc View GIS 3.2.

Новый атлас льдов Каспийского моря станет важным и полезным практическим пособием для рыбаков, нефтяников, моряков при выполнении работ и обеспечении безопасного мореплавания кораблей и судов в зимний период, при наличии ледяного покрова.

#### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.**

1. Ветровые волны в Каспийском море // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. Научно-технический журнал №2, 2003. - Астрахань, издательство Астраханского государственного университета, 2003. С. 6-10. (соавтор Бухарицин П.И.).

2. Прозрачность вод Каспийского моря // Южно-российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. Научно-технический журнал №2, 2003. - Астрахань, издательство Астраханского государственного университета, 2003. С. 11-15. (соавтор Бухарицин П.И.).

3. Современное состояние и перспективы развития и совершенствования технического, навигационного и гидрометеорологического обеспечения воднотранспортного коридора «север-юг» // Астраполис. Астраханские политические исследования №№ 4-5, 2003.С. 36-38. (соавторы Бухарицин П.И., Беззубиков Л.Г., Куршанова Е.Ю.).

4. Особенности гидрометеорологического обеспечения на Каспийском море // Навигация и гидрография № 17, 2003. – Санкт-Петербург, 2003. С.156-160. (соавтор Бухарицин П.И.).

5. Климатическая характеристика и гидрометеорологические условия в холодный период года по Астрахани и Северному Каспию // Вестник Российского университета Дружбы Народов Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» № 2 (12) 2005. С. 7-11. (соавторы: Андреев А.Н., Болдырев Б.Ю.).

- адаптация модели к условиям оценки обстановки путем корректировки правил логического вывода в соответствии с изменениями гидрометеорологических факторов.

Использование методики позволит оперативно осуществлять руководство движением судов и принимать правильные управленческие решения и своевременно избегать ситуаций, когда жизни экипажа и судну грозит опасность. Разработанная модель оценки степени риска мореплавания, основанная на новых принципах построения, требует проведения глубокой оценки ее характеристик, степени адекватности моделируемому процессу и определения рекомендаций по практическому применению.

4. Для решения задач гидрометеорологического обеспечения автором предложена новая структурная система доведения гидрометеорологической информации до кораблей и судов в море, основанная на достижениях современных связанных телекоммуникаций и отображение её с помощью геоинформационных технологий. Отображение фактической и прогнозируемой гидрометеорологической информации в судовых условиях предлагается производить с использованием программно- аппаратного комплекса на базе АК Митра, состоящего из компьютера, специализированного программного обеспечения (ГИС Метео) и оборудования приема и обработки сигналов от различных источников передачи гидрометеорологической информации. Прием и передачу гидрометеорологической информации (баз данных, сводок) осуществлять используя высокоскоростные космические каналы, телекоммуникационную систему Интернет, коротковолновые радиоканалы, сеть мобильной связи. Имея несколько источников поступления гидрометеорологических данных, можно гарантированно иметь в судовых условиях достаточно информации для обеспечения безопасности судна. К преимуществам предлагаемой системы можно отнести прежде всего универсальность — одним универсальным комплексом решаются основные задачи гидрометеорологического обеспечения навигации. Наличие нескольких источников передачи информации повышает устойчивость всей системы, обеспечивает повышение вероятности успешного доведения информации, позволяет ввести экспертные контролирующие системы для выработки наиболее безопасных управляющих решений.

6. В целях повышения качества гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания специалистами гидрометеорологического центра Каспийской флотилии, под руководством автора диссертации выполнена работа по созданию электронного «Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги».

В новый Атлас включено большое количество материалов многолетних наблюдений об изменчивости характеристик ледяного покрова по районам низовьев Волги и Северного Каспия, полученных при помощи дистан-

ке и замерзающих морях» (27-29 марта 2002г., г. С-Петербург); на ежегодных итоговых научно-практических конференциях АГУ (с 2003 по 2007г., г. Астрахань); на Первой Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (16-18 февраля 2005г., г. Астрахань); на сборах руководящего состава гидрометеорологической службы Военно - Морского флота РФ (декабрь 2006 г., г. С-Петербург); на 11 сессии Координационного комитета по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ) ( 25-26 октября 2006г., г.Астрахань); на второй Международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения экосистемы Каспийского моря в условиях освоения нефтегазовых месторождений» (28-30 августа 2007г., г. Астрахань); на VI Международной научно-практической конференции «Международные и отечественные технологии освоения природных минеральных ресурсов и глобальной энергии» (26-28 сентября 2007г., г. Астрахань); на Всероссийской научно-практической конференции «Водные ресурсы Волги: настоящее и будущее, проблемы управления» (3-5 октября 2007г., г. Астрахань).

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе в изданиях, рекомендованном ВАК – «Естественные и технические науки», «Метеорология и гидрология». Две работы находятся в печати.

Реализация результатов работы. Основные научные результаты работы реализованы:

- при подготовке материалов научных исследований по теме ЗАО «ЦНИИМФ» «Обоснование возможности расширения района плавания грузовых самоходных судов класса «М-СП»;

- при работе над материалами, по НИР «Создание макета электронного Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги»;

- в практическом применении методики учета влияния совокупных (гидрометеорологических, технических, человеческих) факторов при проведении гидрометеорологического обеспечения сил Каспийской флотилии, что подтверждено соответствующими актами.

Диссертационная работа изложена на 118 страницах текста, иллюстрируется 16 рисунками, 1 схемой, включает 9 таблиц и список цитируемой литературы из 106 наименований.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы из 106 наименований. Основная часть работы изложена на 107 страницах машинописного текста, содержит 16 рисунков, 9 таблиц, 1 схему.

Автор выражает благодарность научному руководителю доктору геогр. наук, профессору П.И. Бухарицину зав. кафедрой «География» АГУ, канд.

геогр. наук Э.И. Бесчетновой, начальнику партии изучения морского театра Гидрометеорологического центра Каспийской флотилии Дозорцевой Ю.В., коллегам по работе.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** дается описание объекта и предмета исследований.

**В первой главе** проводится детальный анализ исторического и современного состояния гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, и раскрываются дальнейшие перспективы его развития.

Метеорологическая информация всегда имела жизненно важное значение для обеспечения безопасности и эффективного функционирования морских отраслей промышленности, особенно транспорта и рыбного промысла. На первой международной конференции по морской метеорологии, состоявшейся в Брюсселе в 1853 году, было принято решение о едином способе проведения морских метеорологических наблюдений с борта судов. Данные наблюдений, получаемые в результате добровольного сотрудничества торговых судов, преобразовывались в климатическую информацию для использования при мореплавании. Таким образом, было положено начало уникальному виду обслуживания, при котором потребители сами предоставляли комплект материалов наблюдений.

Современное развитие морского флота требует решения принципиально новых проблем гидрометеорологического обеспечения, ориентированного на основных потребителей морской метеорологической информации, которых можно условно разделить исходя из проводимой ими на море деятельности на:

- проведение морских операций в открытом море;
- проведение рыбопромысловых операций;
- проведение операций по исследованию океана;
- проведение операций по добыче полезных ископаемых в удалённых от берега районах;
- проведение поисковых и спасательных операций на море.

Для каждой основной группы потребителей требуется установить степень важности каждого гидрометеорологического элемента для её деятельности, а также необходимой детальности прогнозов каждого элемента, включая определённое понятие необходимой заблаговременности предупреждений об экстремальных значениях каждого из этих элементов.

Такая информация необходима при выборе оптимального курса в неблагоприятных метеорологических условиях на основе минимального по времени пути, при погрузке и разгрузке судов, при движении судов в гаванях и проливах.

Безусловно, столь масштабную как по организации, так и по теоретическим и программным разработкам задачу можно решить только совместными усилиями заинтересованных в развитии информационного обеспечения системы ГМО, судовладельцев, различных министерств и ведомств.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Основные результаты исследований представлены следующими положениями.

1. В результате объективного исследования гидрометеорологических параметров Каспийского моря предложена новая типизация синоптических процессов, обуславливающих погодные условия над акваторией моря. Исследования, проведенные в работе, позволили сделать вывод о целесообразности внести изменения в существующую схему гидрометеорологического районирования Каспийского моря для точного прогнозирования направления и скорости ветра и конкретизации штормовых предупреждений по основным судовым маршрутам акватории моря и, как следствие этого, повышение качества гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания. Предложена новая схема гидрометеорологических районов Каспийского моря.

2. В целях реализации идеи совокупного учета различных факторов, влияющих на безопасность судоходства автором предложена методика оценки степени риска мореплавания. Помимо гидрометеорологических факторов, влияющих на условия плавания, которые можно оценить количественно (по скорости ветра, высоте волн и т. п.), существуют и другие, субъективные факторы, которые при благоприятных условиях могут облегчить, а при неблагоприятных значительно усложнить условия плавания. При этом степень риска будет либо снижаться, либо возрастать, и, в конце концов, достигнуть критических значений, при которых дальнейшее плавание становится не только опасным, но и невозможным. К таким факторам относятся: тип судна (его мореходность, ограничения по районам и условиям плавания и т. д.), техническое состояние судна (срок эксплуатации), опыт судоводителей (морская выучка, капитанский стаж, возраст, а также состояние здоровья и др.). Основу методики составляет совокупность факторов, влияющих на безопасность мореплавания. Исследования, проведенные в работе, позволили определить основные принципы построения нечетких продукционных моделей оценки степени риска мореплавания. К таким принципам относятся:

- определение качества решения на основе анализа степени риска, предъявляемых к безопасности мореплавания, сочетание количественных и качественных оценок;
- иерархическая структура модели;

вить программно- аппаратный комплекс (ГИС-терминал) на базе АК Митра, состоящего из компьютера, специализированного программного обеспечения (ГИС Метео) и оборудования приема и обработки сигналов от различных источников передачи гидрометеорологической информации (рис. 4).

Для приема гидрометеорологической информации через высокоскоростные космические каналы необходима спутниковая антенна; через телекоммуникационную систему Интернет – модем Global Star; через коротковолновые радиоканалы – широкополосный приемник типа TARGET HF3 со специализированным декодером; через сеть мобильной связи – модем GPRS. Специализированное программное обеспечение приема информации автоматически будет выбирать путь приема информации в зависимости от зоны уверенного приема определённого источника и от района плавания судна (прибрежное плавание или удалённые районы моря). Предлагаемая система доведения гидрометеорологической информации на суда в море, основой которой является современные технологии, не претендует на полноту или структурную окончательность. Представлена структурная модель, которая имеет в основе практически уже работающие достижения сети, взаимодействия открытых систем и геоинформационных технологий.

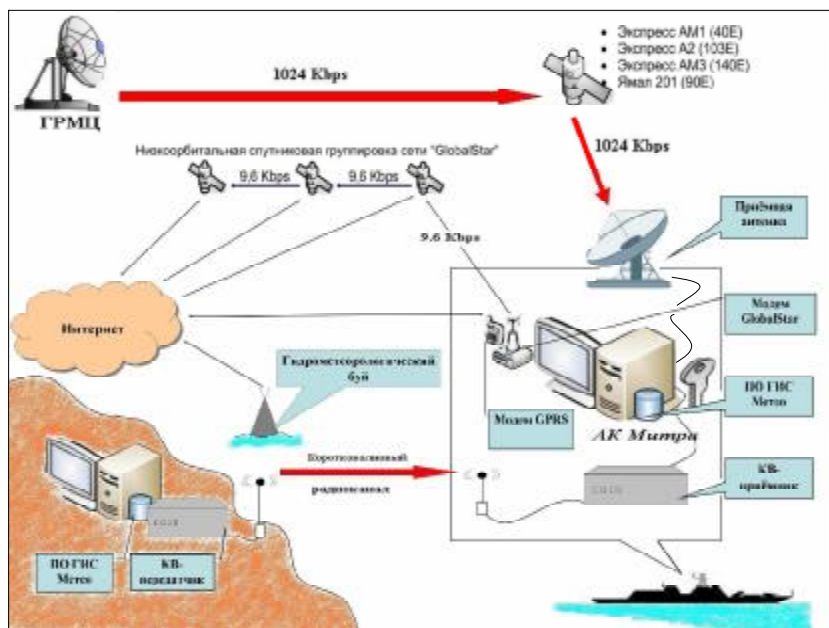


Рис. 4 Схема установки программно-аппаратного комплекса (ГИС-терминал) на базе АК Митра.

Важность и востребованность специализированного гидрометеорологического обеспечения на Каспии в диссертационной работе показана на ряде примеров, с которыми приходится сталкиваться при решении задач гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания. Рассмотренные примеры демонстрируют, насколько важны гидрометеорологические прогнозы для решения целого ряда хозяйственных задач. Исследованы основные гидрометеорологические характеристики Каспийского моря, влияющие на безопасность мореплавания. Проведён анализ основных синоптических процессов, формирующих климат Каспийского моря, и связанных с ними ветрового, волнового, уровня и ледового режимов, течений Каспийского моря с учетом современных стационарных и экспедиционных данных. Были тщательно проанализированы классификации типовых синоптических процессов для Каспийского моря по В.Л. Архангельскому - Е.А. Полянской и, с учетом местных барико-циркуляционных и термических условий, предложена следующая типизация синоптических процессов:

- тип 1- циклоническая деятельность на Арктическом фронте;
- тип 2- воздействие арктического антициклона;
  - вторжение АВ по нормальной полярной оси
  - вторжение АВ по ультраполярной оси
- тип 3- воздействие зимнего Азиатского антициклона;
  - гребень Сибирского антициклона
  - юго-западная периферия Сибирского антициклона
- тип 4- воздействие субтропического антициклона;
- тип 5- выходы южных циклонов;
  - южно-каспийские циклоны
  - орографические циклоны
  - термические циклоны
- тип 6- циклоническая деятельность на полярном фронте;
- тип 7- деформационное поле.

Циклонические процессы в течение года составляют 38%, наибольшее количество южных и Атлантических циклонов наблюдается в марте (47%) и в октябре (54%), минимумы приходятся на июль (26%) и декабрь (36%). В среднем за год проходит 35-40 циклонов из них максимально в феврале-марте, до 6-9 циклонов за месяц. За последние 10 лет уменьшилось влияние Сибирского антициклона – до 12%. Редкими стали вторжения континентального арктического воздуха (КАВ) по ультраполярной оси – 1,8% в год.

Главный максимум повторяемости антициклонов отмечается в августе (65%), второй – в ноябре (52%), а также два минимума – в марте (45%) и октябре (43%).

Гидрометеорологический режим Каспия формируется под влиянием различных атмосферных процессов: западной, восточной, меридиональной и комбинированной форм циркуляции.

Преобладание восточной формы циркуляции в 30-40-е годы привело к установлению преимущественно антициклонического характера погоды. Среднее количество осадков по Северному Каспию составило 142 мм в год. Понижилась средняя годовая температура воздуха до 10,0°C (при норме 10,3°C). Суровее стали ледовые условия - продолжительность ледостава составила 110 - 120 суток.

Усиление меридиональной формы в 1941-1948 гг. привело к еще большему снижению средней годовой температуры воздуха до 9,8°C. Более частые вторжения в холодный сезон года средиземноморских циклонов увеличили количество осадков до 172 мм в год.

Комбинированная восточно-меридиональная форма циркуляции атмосферы в 1949-1971 гг. определила большую межгодовую изменчивость температуры воздуха (от 9,4°C в 1956 г., до 11,8°C 1962 г.) и количества осадков (от 70-80 мм в 1955, 1959 гг. до 200 мм в 1957, 1966 гг.) Очень суровые по ледовым условиям (1953-54 гг., 1968-69 гг.) зимы чередовались с мягкими (1961-62 гг., 1965-66 гг.). По многолетним данным повторяемость антициклонов в этот период составляла 71%, циклонов - 29%.

Увеличение антициклоничности погоды в 1970-1977 гг. вновь привело к повышению средних годовых температур воздуха до 9,8°C и увеличению испарения с поверхности моря до 1000 мм.

С 1978 года произошла резкая перестройка атмосферной циркуляции. Усилилось развитие синоптических процессов западной циркуляции, в основном в осенне-зимний период. Число дней с преобладанием форм западной циркуляции увеличилось на 50 дней в году по сравнению 1970-1977 гг., повысилась средняя годовая температура воздуха по Северному Каспию до 10,3°C, резко увеличилось количество осадков до 186 мм в год. Значительно мягче стала ледовая обстановка на Северном Каспии, продолжительность ледового периода уменьшилась до 90 суток.

Таким образом, значительные по величине и продолжительности колебания гидрометеорологических характеристик на Северном Каспии – явления регулярные и происходят в случаях установления на длительный период в пределах всего атлантико-европейского сектора преобладающего воздействия какого-либо барико-циркуляционного режима. При преобладании антициклонической циркуляции - повышение температуры воздуха, увеличение скорости ветра и испарения, уменьшение количества осадков, понижение уровня моря (уменьшение глубин) и сокращение площади акватории. Усиление циклонической циркуляции приводит к обратным процессам.

ГИС Метео представляет пользователю удобный графический интерфейс для работы с картами, графиками, диаграммами, и т. д. Приложения к ГИС Метео при помощи различных компонент по заранее подготовленному сценарию автоматически или в интерактивном режиме, подготавливают многочисленные слои информации на фоне географической карты любого масштаба. Такое совмещение слоев на мониторе компьютера позволяет осуществлять «безбумажную» технологию совмещения слоев различной информации.

ГИС Метео строит карты с оперативной информацией наземных гидрометеостанций и постов, морских и океанических станций, средств дистанционного зондирования атмосферы, поступающей со всего земного шара.

По данным различных гидродинамических моделей, рассчитываемых в метеорологических центрах России (в г.г. Москва, Новосибирск), Великобритании (в г.г. Рединг, Эксетер), США (г. Вашингтон), Германии (г. Оффенбах), создаются карты с прогностическими параметрами различной заблаговременности (до 168 часов).

Анализируя работу синоптиков, использующих современный комплекс ГИС Метео, можно сказать, что оправдываемость прогнозов ГМУ увеличивается в среднем на 10-13%, значительно сокращается время работы метеоролога при оценке ГМУ и составлении прогноза.

Гидрометеорологическая служба Каспийской Флотилии, имеющая современное оборудование и высокопрофессиональные кадры, на протяжении ряда лет при составлении прогнозов использует ГИС как для получения, так и для анализа и обработки метеорологических данных и данных о состоянии ледяного покрова с искусственных спутников Земли (ИСЗ).

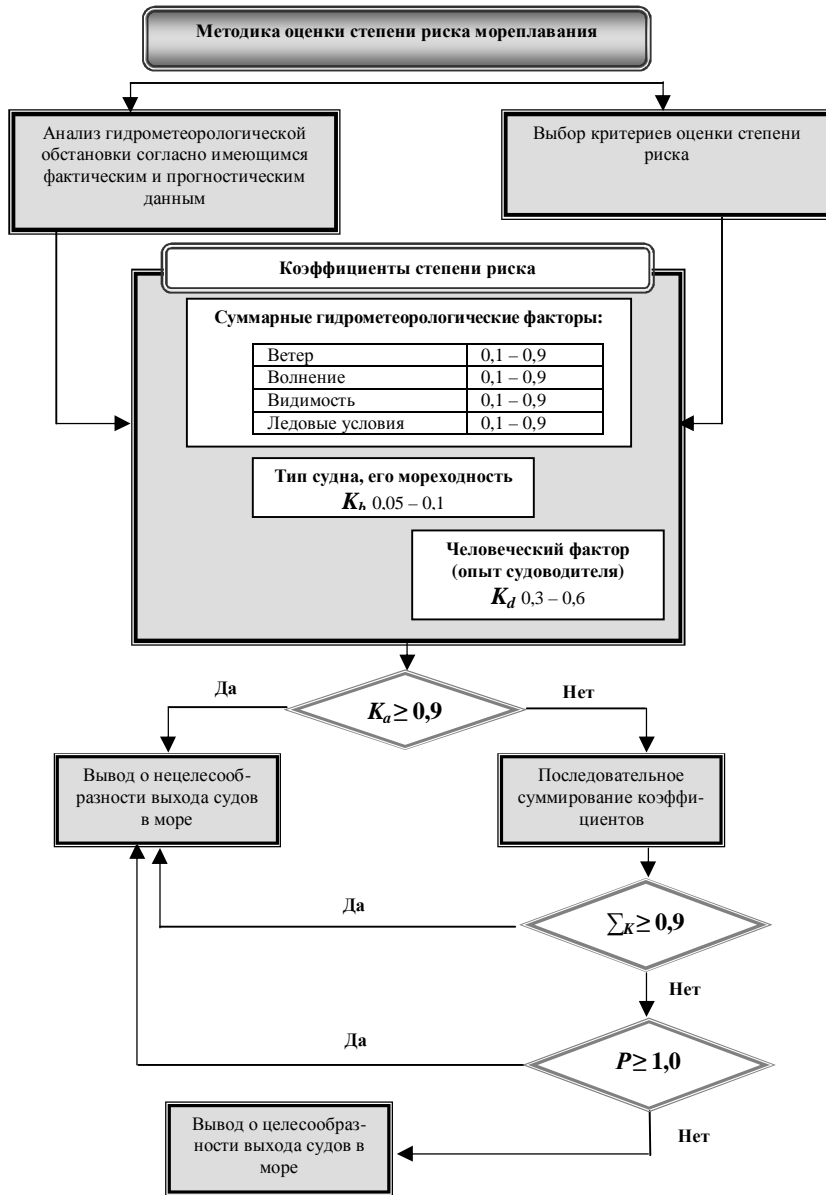
Применительно к Каспийскому морю, ГИС - технологии активно используются при проведении обеспечения мореплавания.

Как пример, можно привести работу офицера - гидрометеоролога, работающего на ГИС Метео при проведении гидрометеорологического обеспечения кораблей и судов Каспийской флотилии. На карту Каспийского моря с судходной обстановкой накладываются поля с синоптической обстановкой, ветровые и волновые поля, поля опасных штормовых зон, поля с ледовой обстановкой. Анализируя входящую информацию, офицер-гидрометеоролог производит расчет безопасного маршрута от штормового ветра и волнения, с выдачей рекомендаций по дальнейшему безопасному переходу. При проведении спасательной операции дополнительно наносятся силы и средства спасателей.

Для оперативного и эффективного решения задач гидрометеорологического обеспечения в корабельных (судовых) условиях необходимо использовать достижения современных связанных телекоммуникаций для доставки информации и отображение её с помощью геоинформационных технологий. На судно, корабль или морскую буровую платформу предлагается устано-



Схема 1



времени инструмент, предназначенный для использования в оперативной работе метеорологов.

С 2007 года наблюдается следующая перестройка атмосферной циркуляции в первом секторе северного полушария (от 50° з.д. до 80 в.д.), которая характеризуется доминирующим теплообменом с Атлантикой. Преобладающей станет комбинированная восточно-меридиональная форма циркуляции атмосферы. Частые выходы ныряющих циклонов с Атлантики и южных со Средиземного и Черного морей, в сочетании с преобладающим влиянием гребней Сибирского (зимой) и Азорского (весной) антициклонов, определяют значительную межгодовую неустойчивость гидрометеорологических характеристик.

Рассмотренные синоптические процессы определяют характер ветров над Каспийским морем.

Для анализа режимов ветра и волнения на Каспийском море в 2003 - 2006 гг. использовались следующие данные:

- ежедневные наблюдения за погодой с судов различных министерств и ведомств в море - всего 43560 сводок погоды;
- ежедневные наблюдения за погодой в море с судов гидрографической службы Каспийской флотилии, 15600 сводок погоды;
- ежедневные наблюдения за погодой в 00.00, 06.00, 12.00, 18.00 часов на радиотехнических постах (п. Чечень, Махачкала, п. Каспийск, п. Сулак, п. Избербаш), 21900 сводок погоды;
- ежедневные наблюдения за погодой за 09.00 и 15.00 на СПБУ "Астра" в период с 01.01.2003 г. до 01.10.2003 г., 600 сводок погоды.

В результате обработки этих данных получено распределение скорости ветра в течение года по акватории Каспия, выделены районы моря наиболее штормоопасные в Северном, Среднем и Южном Каспии; определены районы моря, из которых практически не поступает информация (режим ветра не изучен) о погоде; выделены случаи наиболее сильных штормов.

Всего случаев усиления ветра до 20 м/с и более отмечено: по всему морю – 117 случаев; в Северном Каспии - 21 случай в 1 год, Среднем Каспии - 39, Южном Каспии - 57.

Наибольшее число штормов за три года отмечено в феврале - 28 в год и марте - 22 в год. Самые безопасные месяцы - июнь и июль (по 2 случая штормов в год).

Максимальная скорость ветра при шторме зарегистрирована следующая:

Северный Каспий - 30 м/с; Средний Каспий - 33 м/с; Южный Каспий - 36 м/с.

Продолжительность штормов на Каспии колебалась от 6 до 72 часов. Продолжительность штормов юго-восточного, южного направления больше, чем штормов северо-западного, северо-восточного направлений.

Кроме этого, анализ синоптической ситуации позволяет предположить, что зарегистрированная скорость ветра в 36 м/с не является максимальной для Каспия .

Исследования волнового режима моря показали, что экстремальные значения высот волн за этот период отмечались при ветрах более 25 м/с и варьировались от 4,5 до 7 м в зависимости от глубины и района моря. Максимальное зарегистрированное волнение в 2003 г. наблюдалось:

09.02.03 г. в районе Бекдаш (Средний Каспий) при юго-восточном ветре 25 м/с, волнение моря отмечено в 7 баллов (глубина 18 – 21 м);

19 - 20.10.03 г. вдоль западного берега Каспия, от о. Чечень до Дербента, при северо-западном ветре 25 - 27 м/с, волнение моря достигло 8 баллов (глубина в районе о. Чечень 20 - 40 м).

Анализ синоптических карт и других источников за период 2003 - 2006 гг. показал, что наиболее штормовыми ветрами являются северо-западные и юго-восточные, вызывающие наибольшие высоты волн. Северо-западные ветры (как и северные жестокие штормы) охватывают почти все море, это так называемые сквозные штормы. Сильнее всего они проявляются в районах Махачкала - Дербент, у Апшеронского п-ова и у п-ова Челекен. Для более точного прогнозирования направления и скорости ветра и конкретизации штормовых предупреждений на акватории Каспийского моря, в пределах существующей схемы районирования представляется целесообразным внести следующие изменения:

1. **Район 21110** разделить по 49° в.д. на подрайоны 1 и 2.
2. **Район 21130** разделить по 43° с.ш. на подрайоны 1 и 2.
3. **Район 21180** разделить по 51° в.д. на подрайоны 1 и 2.

В ходе рассмотрения было выявлено, что в различных частях моря среднее годовое число дней с туманом колеблется от 15 до 40 дней. В течение года больше всего туманов наблюдается с ноября по март в северной его части. Наиболее вероятная продолжительность туманов (70 %) составляет 6 - 8 часов. Однако, в весенне-осенние периоды продолжительность туманов увеличивается и может достигать сутки и более. Дальность видимости в Каспийском море зависит от туманов, интенсивности осадков и запыленности атмосферы. В открытом море видимость обычно лучше, чем у берегов, но при фенах может наблюдаться обратное явление. Видимость менее 1 мили наиболее вероятна с ноября по март для Северного Каспия (повторяемость ее 5 - 15 %), с октября по апрель – для Среднего Каспия (повторяемость 10 %) и отмечается редко (не более 5 %) – для Южного Каспия.

Влияние ледяного покрова в море рассмотрено применительно к оценке безопасности зимних плаваний на основных ледовых трассах Каспийского моря. Особенности ледяного покрова на трассах зависят от характера зимы и состояния льда, а также положения трассы определенной протяжен-

многоканальная система ввода информации (проводная, телефонная, спутниковая и т. п.)

ГИС Метео - специализированная геоинформационная система, которая представляет собой интерактивный и работающий в режиме реального

Ниже приведена примерная оценка риска по двум сценариям: благоприятному (А) и неблагоприятному (В) соответственно.

#### Сценарий А

Гидрометеорологические условия (прогноз):

- температура воздуха +19-23°C, ветер 12-17 м/с, волнение 3-4 балла, видимость 10 км.

Тип судна, его мореходность:

- Малое гидрографическое судно проекта 871, водоизмещением 1215 т.

Техническое состояние судна:

- 1973 года выпуска, степень износа 37 %.

Человеческий фактор (опыт судоводителя):

- команда в основном составе работает с 1989 г., возраст капитана – 46 лет.

Интегральный показатель степени риска Р составил **0,69**

#### Сценарий В

Гидрометеорологические условия (прогноз):

- температура воздуха +19-23°C, ветер слабый 3-5 м/с, волнение 1-2 балла, туман, видимость 500-1000 м.

Тип судна, его мореходность:

- Малое гидрографическое судно проекта 871, водоизмещением 1215 т.

Техническое состояние судна:

- 1973 года выпуска, степень износа 37 %.

Человеческий фактор (опыт судоводителя):

- произошла смена команды на 50 % в текущем году, а также капитана, возраст которого – 30 лет.

Интегральный показатель степени риска Р составил **1,29**

На схеме 1 представлен алгоритм расчета оценки риска **Р** в общем виде.

Автором предложены новые формы и способы представления специализированной гидрометеорологической информации с использованием новых современных информационных и телекоммуникационных технологий. В настоящее время в практику информационного обеспечения управления конкретными отраслями деятельности, регионами, городами и пр. все шире включаются различные географические информационные системы (ГИС), которые являются аппаратно-программным комплексом, обеспечивающим сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно - координированных данных.

На стыке информатики и метеорологии создаются гидрометеорологические ГИС. Их особенность заключается в том, что работа производится с быстро изменяющимися данными (оперативная информация), используется

ности. Значительную роль при плавании в плавучем льду играет его сплоченность, определяемая направлением и силой ветра. Сплоченность плавучего льда на трассах Северного Каспия увеличивается с установлением ветров южной четверти, обуславливающих перемещение плавучего льда от прикромочной зоны к границе припая. Сплоченный лед затрудняет плавание по трассам и работу рыболовецкого флота. Опасными гидрологическими явлениями на Северном Каспии в ледовый период являются:

- штормовые нагоны и сгоны, вызывающие значительные кратковременные подъемы или понижения уровня моря, при которых происходит затопление или повреждение пунктов, объектов, гидротехнических сооружений, дорог и других коммуникаций на побережье и островах, нарушается или прекращается судоходство на мелководных участках судоходных каналов; появление льда в море и каналах раньше 15 ноября (средняя многолетняя дата закрытия летней навигации на Нижней Волге и Северном Каспии), вследствие чего срываются с якорей и уносятся в море навигационные буи;

- интенсивный дрейф, подвижки, заторы и торошение льда, представляющие опасность для кораблей и судов, экспедиций, береговых гидротехнических сооружений (они снижают скорость движения кораблей и создают угрозу их выжимания за габариты судового хода Волго-Каспийского канала и посадки на мель в период зимних плаваний);

- суровые зимы, когда вся акватория Северного Каспия покрывается толстым неподвижным льдом – припаем, тяжелые условия для ледакольного плавания на участке Астрахань - порты Каспийского моря;

- быстрое обледенение судов, гидротехнических сооружений и навигационных буйев в море, каналах и на берегу.

Проведенный таким образом детальный анализ гидрометеорологических характеристик Каспийского моря, влияющих на безопасность мореплавания, позволил выявить неблагоприятные периоды для судоходства:

- по Северному Каспию: март - апрель, ноябрь - декабрь, число дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с составляет 20 в месяц;
- по Среднему Каспию: январь - март, сентябрь - ноябрь, число дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с составляет 27 в месяц;
- по Южному Каспию: январь - март, сентябрь - октябрь, число дней со скоростью ветра  $\geq 15$  м/с составляет 24 в месяц.

Число случаев со скоростью ветра 20 м/с и более за год составило:

- по всему Каспийскому морю: 117, из них СЗ, СВ - 88, ЮВ - 29;
- по Северному Каспию: 21, из них СЗ, СВ - 14, ЮВ - 7;
- по Среднему Каспию: 39, из них СЗ, СВ - 27, ЮВ - 12;
- по Южному Каспию: 57, из них СЗ, СВ - 47, ЮВ - 10.

Наибольшая вероятность штормовых ветров  $\geq 20$  м/с составляет:

- по Северному Каспию (район 21110), в период март - апрель - 13%;

- по Среднему Каспию (районы 21060, 21070, 21080), в период февраль - март - 30%;
- по Южному Каспию (районы 21090, 21100), в феврале - марте - 38%;
- по району 21180, в феврале - марте - 10%.

**Во второй главе** отражены основные результаты работы по созданию электронного «Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги».

В новый Атлас включено большое количество материалов многолетних наблюдений об изменчивости характеристик ледяного покрова по районам низовьев Волги и Северного Каспия, полученных при помощи дистанционных (авиационных и спутниковых) методов, стационарных наблюдений, выполненных на береговых и островных гидрометеорологических станциях, а также данных полевых исследований, полученных во время зимних ледовых экспедиций (на ледоколах, тюленебойных судах, дрейфующих льдинах и вертолетах) в различные по суровости зимы, гидросиноптические ситуации, в условиях изменяющегося фонового уровня моря.

На первом этапе работ в новый атлас включены материалы многолетних наблюдений по изменчивости характеристик ледяного покрова по районам низовьев Волги и Северного Каспия, полученных при помощи дистанционных (аэровизуальных и спутниковых) методов. В атласе также использованы данные стационарных и рейдовых наблюдений, выполненных на береговых и островных гидрометеорологических станциях и постах Северного Каспия, многочисленные материалы полевых исследований, полученные во время зимних ледовых экспедиций (на ледоколах, тюленебойных судах, дрейфующих льдинах и вертолетах). В атлас также включены систематизированные данные о состоянии ледяного покрова, полученные в разные по суровости зимы, в различных гидросиноптических ситуациях, в условиях изменяющегося фонового уровня моря и др. (фотографии, схемы, карты, графики, формулы и прогностические зависимости).

Электронный «Атлас ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги» состоит из восьми разделов, представляющих собой интерактивные «окна» (рис. 1). Первые три раздела содержат сведения ознакомительного характера: вводная часть, физико-географическое описание и физико-статистические методы расчета и прогноза элементов ледяного покрова северного Каспия и Нижней Волги. В четвертом, пятом и шестом разделах представлены ледовые карты, графический и табличный материал, а также средние значения характеристик ледяного покрова. В седьмой раздел включен список использованной в работе литературы. В восьмом разделе

минимален, до 1,0 - риск очень высок, и выводится его интегральный показатель - чем он больше, тем опаснее плавание ( $\geq 1$ ).

Поэтому основными показателями оценки риска являются мера и степень риска, количественно характеризующие, соответственно, возможность появления и уровень «неблагоприятности» стечения различных обстоятельств. Оценка риска, в общем случае, будет определяться несколькими факторами, т.е.

$$P = (K_a + K_b + K_c + K_d), \quad (1)$$

где:  $P$  - оценка риска, вероятность того, что определенное событие будет иметь место и оно будет иметь потенциальное отрицательное влияние на условия мореплавания;  $K_a$  - суммарные гидрометеорологические факторы;  $K_b$  - тип судна, его мореходность;  $K_c$  - техническое состояние судна, его возраст;  $K_d$  - человеческий фактор (опыт судоводителя).

Значения коэффициентов степеней риска для гидрометеорологических факторов приведены в таблице 2. Значения коэффициентов  $K_b$ ;  $K_c$ ;  $K_d$  были выведены эмпирически, путем всестороннего анализа морских катастроф и происшествий. Их значения изменяются в следующих пределах:  $K_a = 0,3-0,6$ ;  $K_c = 0,1-0,15$ ;  $K_b = 0,05-0,1$ . Они нуждаются в дальнейшем исследовании и определении более точных величин.

Таблица 2

**Значения коэффициентов степеней риска для гидрометеорологических факторов**

Гидрометеорологические факторы (явления)	Ветер				Волнение				Видимость				Ледовые условия (сплоченность льдов)			
	12-17 м/с	18-24 м/с	25-30 м/с	>30 м/с	3-4 балла	5-6 баллов	7-8 баллов	>8 баллов	2-3 км	1-2 км	500-1000 м	<500 м	2-3 балла	4-5 баллов	6-7 баллов	>7 баллов
Коэффициент степени риска	0,1	0,3	0,6	0,9	0,1	0,3	0,6	0,9	0,1	0,3	0,6	0,9	0,1	0,3	0,6	0,9

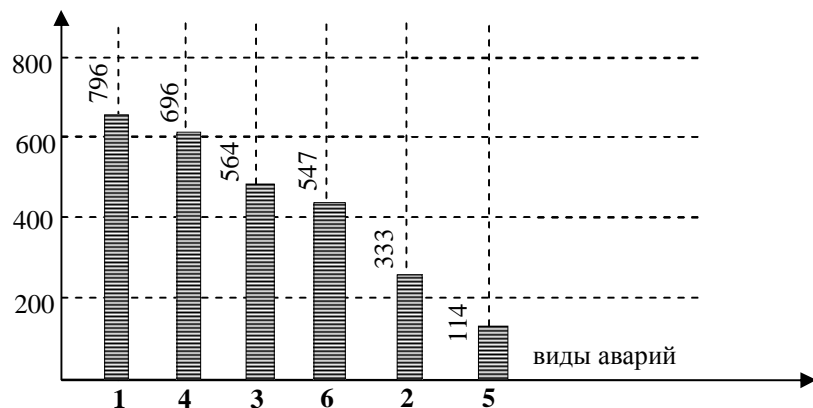


Рис.3. Число погибших в среднем на одно судно.  
1-6 – виды аварий по табл. 1

Из проведенного детального анализа причин **аварийных случаев**, следует очевидный факт, что на первом месте стоит человеческий фактор (60% случаев), около 10% аварий возникает в результате действий непреодолимой силы, в том числе из-за неправильного расчета района плавания, около 15% являются следствием технического состояния судна и внезапного отказа судового оборудования. Наряду с этим, мы видим, что 40% аварийных случаев произошли по причине неблагоприятных гидрометеорологических условий, являясь либо первопричиной (туман, ограниченная видимость, шторм) при столкновениях и навалах, либо осложняя действия экипажа по спасению судна. Интересен тот факт, что анализ аварийности мирового флота, и анализ аварийности на Каспийском море подтверждает в процентном соотношении влияние человеческого, технического и гидрометеорологического факторов. На основании проведенного объективного анализа делаем вывод - гидрометеорологические условия являются вторым по значимости фактором, влияющим на гибель кораблей и судов. Убедительным доказательством этого служат последние события в Керченском проливе, которые произошли в конце 2007 года.

Предлагаю систематизировать все эти факторы с целью выработки концептуального подхода к оценке степени риска. Использование такого критерия позволит более оперативно осуществлять руководство движением судов и, главное, принимать правильные управленческие решения и своевременно избегать ситуаций, когда жизни экипажа и судну грозит опасность.

Коэффициент степени риска (K) рассчитывается по всем факторам риска (объективным и субъективным). Он изменяется в пределах от 0,1 - риск

(Приложение) содержатся дополнительные материалы, не вошедшие в основные разделы: фотографии, схемы, рисунки.

При создании электронной версии атласа ледовых образований применено программное обеспечение Arc View GIS 3.2, предназначенное для настольных ГИС и предоставляющее готовый набор средств, используемых при создании современных карт. Оцифровано около 360 ледовых карт (рис. 2).

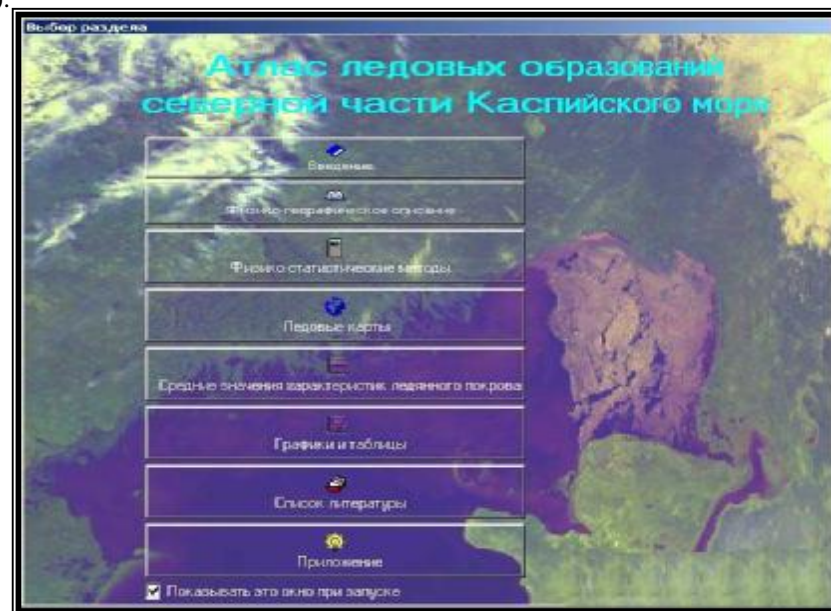


Рис. 1. Структура электронного «Атласа ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги»

Электронный «Атлас ледовых явлений и образований Северного Каспия и дельты Волги» поможет специалистам найти надежные способы защиты морских буровых платформ, работающих на шельфе Северного Каспия, способных противостоять натиску дрейфующих льдов; защитить от повреждений морские коммуникации, проложенные по морскому дну; обеспечить бесперебойность и безопасность плавания судов во льдах, и многое другое.

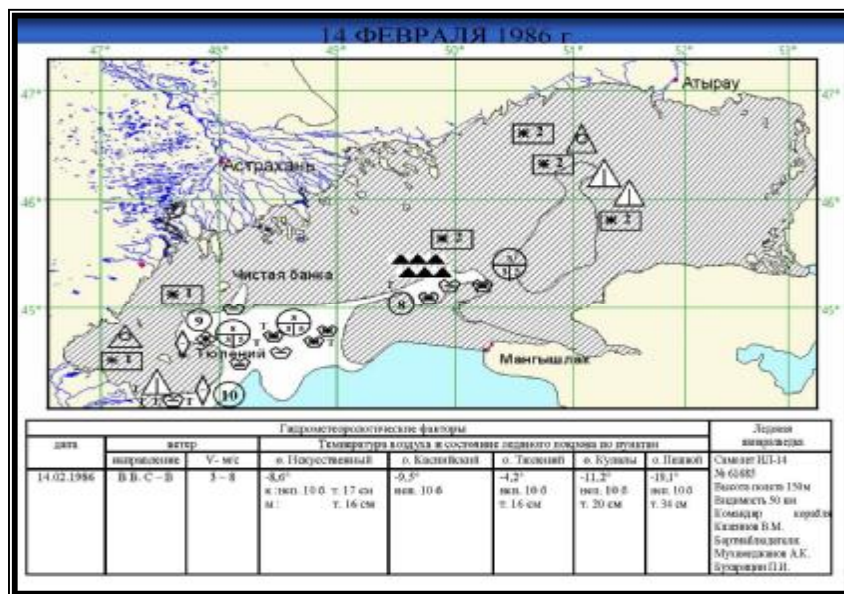


Рис. 2. Карта-схема ледовой обстановки, составленная по данным ледовой авиаразведки от 14.02.1986 г.

Учет ледового фактора позволит нефтедобывающим компаниям сводить к минимуму значительные материальные потери, и, следовательно, приводить к значительной экономии денежных средств, а главное, поможет в будущем избежать серьезных экологических аварий и катастроф, связанных с деятельностью людей по разработке морских месторождений Северного Каспия в условиях вредного влияния морских льдов.

Новый атлас льдов Каспийского моря станет важным и полезным практическим пособием для рыбаков, нефтяников, моряков при выполнении работ и обеспечении безопасного мореплавания кораблей и судов в зимний период, при наличии ледяного покрова. Он будет полезен работникам научных, проектных учебных и многих других учреждений и организаций.

**Третья глава** посвящена разработке концепции комплексной системы гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, включающей в себя методику комплексной оценки условий плавания по степени риска под влиянием неблагоприятных факторов и использование современных технологий в решении задач гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания. Обоснована возможность практического применения модели учета степени риска при осуществлении морских операций.

Помимо объективных факторов, влияющих на условия плавания, которые можно оценить количественно (по скорости ветра, высоте волн и т. п.),

существуют и другие, субъективные факторы, которые при благоприятных условиях могут облегчить, а при неблагоприятных значительно усложнить условия плавания. При этом степень риска будет либо снижаться, либо возрастать, и, в конце концов, достигнуть критических значений, при которых дальнейшее плавание становится не только опасным, но и невозможным. К таким факторам мы относим тип судна (его тоннаж, мореходность, ограничения по районам и условиям плавания и т. д.), состояние судна (его возраст), опыт судоводителей (образование, стаж, возраст, а также состояние здоровья и др.).

Предлагается систематизировать все эти факторы с целью выработки концептуального подхода к оценке степени риска. Использование такого критерия позволит более оперативно осуществлять руководство движением судов и принимать правильные управленческие решения.

Известно, что опасность гибели людей на море в 4 раза больше, чем в угольных шахтах, и в 30 раз с лишним больше, чем в обрабатывающей промышленности. Это объясняется особенностями условий внешней среды, в которых работают суда морского флота, уровнем их технической оснащенности, физическим состоянием, сроком службы и уровнем квалификации экипажей. Получить подробную статистику морского флота сложно, а иногда невозможно, поскольку многие судоходные компании скрывают истинное число аварий. Анализируя самые крупные кораблекрушения с 1588 по 1994 гг., нетрудно убедиться, что их основными причинами являются, прежде всего, так называемый «человеческий фактор» и влияние неблагоприятных факторов природной среды (табл. 1). Средние значения числа погибших людей в расчете на одно судно в каждом виде аварий показаны на рис. 3.

Таблица 1

**Основные группы аварийности**

Вид аварии	Причина	Число аварий	%
1	Столкновения судов, посадка на мели, рифы и айс-берги, навалы	13	35
2	Пожары и взрывы	8	23
3	Опрокидывание в штормовых условиях	4	12
4	Перегруз, чрезмерное повышение центра тяжести и опрокидывание	4	12
5	Потеря прочности в нерасчётных условиях	4	12
6	Затопление при неправильной эксплуатации	2	6