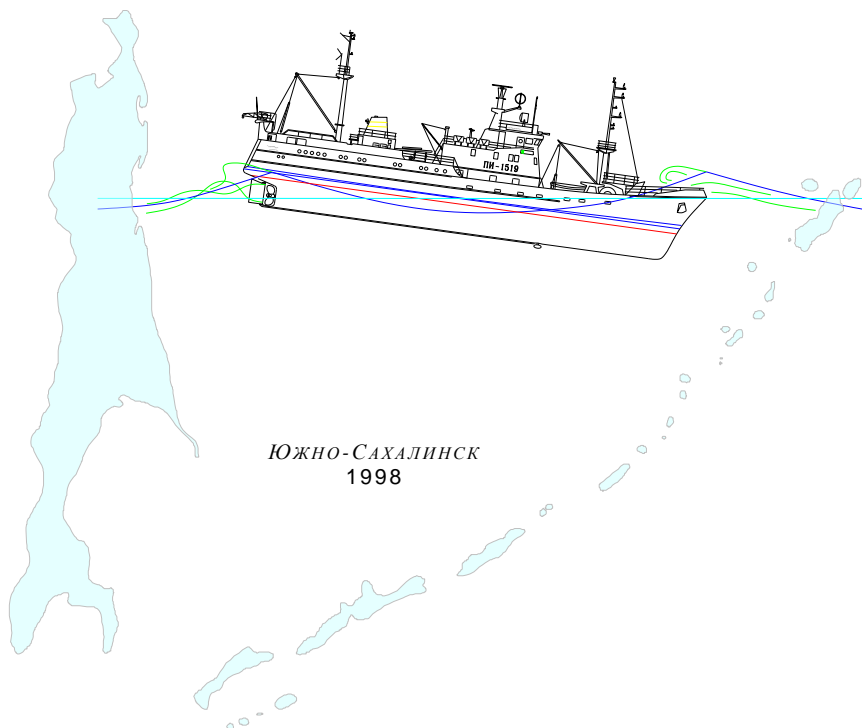


# Пути создания системы мониторинга шельфа Сахалинской области





*Российская Академия Наук*  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО  
СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**Пути создания системы мониторинга шельфа  
Сахалинской области**

Южно-Сахалинск  
Сахалинское книжное издательство  
1998

ББК Д823.19(2Р55-4Сак) + Д823.128.1 + Д22  
П 90

Красный М.Л., Храмушин В.Н., Воловский В.В., Шустин В.А., Громов А.Б.,  
Золотухин Е.Г., Пищальник В.М.

## **Пути создания системы мониторинга шельфа Сахалинской области**

Южно-Сахалинск, СКБ средств автоматизации морских исследований, 1998, 207 с.

УДК 551.462.32(571.64) 504.064.36(571.64)

В книге обобщаются имеющиеся научно-технические наработки, выполняется поиск и анализ стандартных технических средств и систем для получения оперативной информации о состоянии моря, таких, которые могут быть включены в организационно-технические решения по реализации реального мониторинга морских акваторий с участием всех заинтересованных служб и научно-исследовательских институтов Сахалинской области. Особое внимание уделяется использованию автоматизированных информационно-экспертных систем, с помощью которых должны быть объединены и систематизированы как исторические, так и текущие исследования в морских акваториях Сахалинской области, что, необходимо для эффективного задействования в практике действующих служб современных вычислительных экспериментов в гидромеханике при оперативном анализе реальной обстановки на море. Упомянутые в книге математические модели и программное обеспечение для проведения вычислительных экспериментов разрабатываются при поддержке гранта РФФИ № 97.05.66037 и предлагаются к свободному использованию при выполнении научных исследований, для решения оперативных задач в условиях действующих оперативных служб. Программы, образцы исходных данных и документация к ним могут быть найдены на [www.ShipDesign.ru](http://www.ShipDesign.ru). Книга представляет интерес для научных работников, специализирующихся в области океанологических и экологических исследований, для лиц и организаций, занимающихся созданием системы мониторинга морских акваторий.

Ответственные редакторы: д.г.-м.н. Красный М.Л.,  
к.г.н. Онищенко Н.И.  
Рецензенты: Грабовский А.И.,  
к.ф.-м.н. Поплавский А.А.

Утверждено к печати научно-техническим советом СКБ средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения РАН.

ISBN 5-88453-022-6

© 1998, СКБ САМИ ДВО РАН

В книге обобщаются имеющиеся на Сахалине научно-технические наработки, выполняется обзор, систематизация и анализ стандартных технических средств и систем для получения оперативной информации о состоянии моря, таких, которые могут быть включены в организационно-технические решения по реализации реального оперативного мониторинга морских акваторий с участием всех заинтересованных служб, организаций и научно-исследовательских институтов Сахалинской области.

**Первая часть** посвящена анализу ранее выполненных океанологических и экологических исследований, которые должны составить основу для комплекса численного моделирования океанологических процессов в шельфовой зоне, построения картографической и экспертно-информационной систем, обеспечивающих своевременный прогноз и предупреждения об опасных морских явлениях, контроль и принятие решений в случае нарушения экологической безопасности в районе нефтепромыслов.

**Во второй части** приведен обзор современных российских и иностранных технических средств и систем наблюдения, которые могут быть задействованы при организации оперативного мониторинга в районе проведения морских нефтепромысловых работ. Основное внимание уделено информационно-аналитическим системам и измерительному океанологическому оборудованию, которое может работать в непрерывном режиме, доставляя информацию либо на буровую платформу, либо непосредственно в центр анализа океанологической информации в Южно-Сахалинске.

Дается краткий обзор технических средств и методов дистанционного мониторинга поверхности моря из космоса, информация от которых должна поступать в оперативном режиме в центр анализа океанологических данных, где спутниковая информация будет интегрироваться с численным моделированием гидрофизических процессов на поверхности океана, адаптироваться или сопоставляться с приборными измерениями, выполняемыми по линии Росгидромета.

**В третьей части** рассмотрены оптимальные варианты технического оснащения ведомственных или независимых служб наблюдения за состоянием окружающей среды в районе нефтепромыслов на сахалинском шельфе. Даются оценки затрат на развертывание и эксплуатацию систем наблюдения при различных вариантах задействования приборных средств и систем связи, с учетом организационных особенностей, обусловленных необходимостью привлечения действующих в Сахалинской области государственных служб и научно-технических организаций.

Такое обобщение организационно-технических решений позволяет сформулировать основные принципы поэтапного построения системы наблюдения, которая может в течение одного-двух лет закончить формирование экспертно-аналитических моделей, выполнить реальное развертывание систем наблюдения и приступить к решению задач мониторинга в режиме постоянно действующей оперативной службы и в соответствии с утвержденным регламентом контроля экологической безопасности нефтепромысловых работ.

**В заключительной, четвертой части** раскрываются основные проблемы и делаются технические предложения по организации оперативной службы и ре-

## РЕФЕРАТ

гламентных исследований по различным направлениям комплексного мониторинга сахалинского шельфа. Еще раз показывается место экологического контроля морских акваторий, в контексте с решением задач об оперативном анализе обстановки на море по линии обеспечения безопасности мореплавания и предупреждения об опасных морских явлениях. Делаются выводы, что только в условиях объединенных систем наблюдения возможно оперативное принятие решений по обеспечению текущей безопасности нефтепромыслов или в случае аварийных ситуаций.

По мере наполнения новых архивов океанографических и гидрометеорологических наблюдений станет возможной выработка обоснованных решений о расширении состава наблюдений и научных исследований, будет создана основа для оптимального проектирования морских инженерных сооружений, разработаны требования по недопущению аварийных ситуаций, инструкции о действиях в чрезвычайных ситуациях, связанных с усилением ледового воздействия и в условиях проявления других опасных морских и природных явлений.

В основе книги лежат материалы, подготовленные при выполнении НИР «Исследование путей создания комплексной информационно-измерительной системы мониторинга в районе буровых работ и нефтедобычи на Сахалинском шельфе», выполненной в соответствии с распоряжением администрации Сахалинской области, по заданию Комитета по экологии о охраны природы Сахалинской области. Все авторы книги являются участниками данной работы. Основные главы и общее содержание книги подготовлены М.Л. Красным, В.Н. Храмушиным и В.А. Шустиним. Раздел 1.1. написан А.Б. Громовым; разделы 1.3, 1.4, 2.2 – В.М. Пичальником; 1.5 – Е.Г. Золотухиным; 1.6, 2.3 – В.В. Воловским.

Авторы высказывают искреннюю признательность заместителю председателя сахалинского комитета по экологии Виктору Николаевичу Коноваленко за активное участие в обсуждении и редактировании отчета о НИР, положенного в основу книги, а также приносят глубокую благодарность председателю - Наталье Ивановне Онищенко, без неумолимого участия и помощи которой наша работа была бы невыполнимой. Особая благодарность выражается сотрудникам научно-технического отдела СКБ САМИ во главе с Анатолием Емельяновичем за помощь в подготовке технических обзоров и материалов по гидроакустическим средствам мониторинга. Им же подготовлены технические предложения по системе сейсмических наблюдения (часть 4, стр.192).

В создании сахалинской школы вычислительной гидромеханики важнейшую роль сыграл Исаак Вениаминович Файн, который начинал эту работу еще в 1986 году и продолжает плодотворное сотрудничество с нами до сего дня. Авторы благодарны преподавателям и сотрудникам Санкт-Петербургских Морского технического университета и отделения Гидрометеорологического института Александру Борисовичу Дегтяреву и Леониду Иосифовичу Лопатухину за помощь и консультации, оказанные в период выполнения НИР в 1997 году.

Математические модели и вычислительные эксперименты, показанные в книге, подготовлены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 97.05.66037 «Математическое и вычислительное моделирование приливного режима и режима течений в Охотском море». Это позволяет нам

предложить все разработки программного обеспечения и методики проведения вычислительных экспериментов для свободного использования в интересах океанологической общественности и служб наблюдения за состоянием моря.

Упомянутые материалы могут быть найдены на WEB-сервере «Наука», по адресу в сети Интернет <http://www.Science.Sakhalin.ru>, который был создан при поддержке одноименного гранта Дальневосточного отделения фонда «Евразия» № V97-0696. На WEB-сервере будут опубликованы наиболее интересные, по мнению авторов, главы книги, а также регулярно обновляемые материалы о создаваемой системе мониторинга морских акваторий в Сахалинской области.

Авторы выражают надежды на скорейшее начало работ по совершенствованию и техническому переоснащению государственных служб наблюдения за состоянием моря в Сахалинской области и на Дальнем Востоке России, что сделает востребованным научный задел, показанный в данной работе.

## СОДЕРЖАНИЕ

О мониторинге в целом .....	9
Часть 1. Обзор материалов исследований на сахалинском шельфе .....	16
Введение.....	16
1.1. Экологическая стратегия .....	19
<i>Предпосылки выбора экологической стратегии для Сахалинского региона</i> .....	22
<i>Ключевые моменты организационно-методических мероприятий</i> .....	24
1.2. Исследования гидродинамического режима.....	24
<i>Результаты экспертной оценки длинноволнового режима сахалинского шельфа</i> .....	25
1.3. Обзор океанографических исследований на морских акваториях Сахалинской области.....	33
<i>Краткая справка по истории океанографических исследований</i> .....	33
<i>Количественный и качественный состав океанографических наблюдений на охотоморском шельфе острова Сахалин</i> .....	36
1.4. Современное состояние организации сбора информации по химическому загрязнению морских вод .....	40
<i>Общие понятия, классификация и принципы организации мониторинговых исследований</i> .....	40
<i>Организация мониторинга загрязнения морских вод на федеральном уровне</i> .....	42
<i>Мониторинг химических загрязнений вод дальневосточных морей</i> .....	44
<i>Мониторинг химических загрязнений вод сахалинского шельфа</i> .....	45
1.5. Мониторинг состояния окружающей среды, проводимый Сахалинским территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды .....	47
<i>Методы анализов и нормы точности измерений</i> .....	48
<i>Программа наблюдений за загрязненностью морских вод</i> .....	49
<i>Программа наблюдений за загрязненностью поверхностных вод суши</i> .....	49
<i>Аналитическая база (список лабораторий и выполняемые анализы)</i> .....	50
<i>Обзоры состояния окружающей среды по различным средам</i> .....	51
1.6. О практической реализации экологического мониторинга .....	69
1.7. Обзор материалов 1994-1996 гг. ....	76
<i>Гидрометеорологические и гидродинамические условия</i> .....	77
<i>Об экологических исследованиях 1994-1996 гг.</i> .....	80
Часть 2. Обзор современных технических средств и систем наблюдения .....	82
Введение.....	82
2.1. Использование океанологических вычислительных экспериментов .....	83
<i>Кинематическая модель</i> .....	84
<i>Вычислительная модель гидродинамического режима на основе уравнений длинных волн в полных потоках</i> .....	84

	<i>Постановка задачи о моделировании приливного режима в Охотском море</i> .....	86
2.2.	Опыт создания компьютеризированного гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа .....	99
	<i>Принципы формирования базы данных для гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа</i> .....	101
	<i>Методология обработки исходных данных</i> .....	103
	<i>Структура и функциональные возможности пакета прикладных программ "ATLAS"</i> .....	106
	<i>Водные массы пролива Лаперуза</i> .....	110
2.3.	Измерительные системы и приборы экологического и океанологического мониторинга сахалинского шельфа .....	117
	<i>Предисловие к обзору приборных комплексов и систем наблюдения</i> .....	117
	<i>Измерительные приборы и регистраторы текущего состояния моря</i> ....	118
	<i>I. Обзор датчиков</i> .....	120
	<i>II. Возможные варианты построения систем сбора данных</i> .....	126
	<i>III. Каналы связи</i> .....	131
	<i>IV. Выбор варианта построения системы</i> .....	133
	<i>V. Общее описание измерительной системы</i> .....	134
	<i>VI. Описание измерительного модуля</i> .....	137
	<i>VII. Заключение</i> .....	139
2.4.	Методы дистанционного зондирования океана из космоса .....	140
	<i>Задачи спутникового мониторинга для Сахалинской области</i> .....	141
	<i>Методы дистанционного зондирования Земли из космоса</i> .....	142
	<i>Технические средства и спутниковые системы</i> .....	142
	<i>Состояние дел в Сахалинской области</i> .....	147
2.5.	Элементы информационно-аналитических систем, предназначенных для оперативного анализа обстановки на море .....	148
	<i>Постановка задачи</i> .....	148
	<i>Наработки в области географических информационных систем</i> .....	150
	<i>Обзор существующих систем</i> .....	151
	<i>Основные математические и программные принципы, реализованные в информационной системе «Сахалин»</i> .....	153
	<i>Структура и состав информационной системы «Сахалин»</i> .....	156
	Общее заключение .....	156
Часть 3.	Организационно-технические предложения и их обоснование .....	157
	Введение.....	157
3.1.	Обобщенная организационно-техническая схема мониторинга и контроля обстановки на море .....	159
3.2.	Оснащение систем наблюдения и контроля в районе нефтепромыслов ....	161
3.3.	Центр численного моделирования и спутникового мониторинга .....	166
3.4.	Комплекс технических средств оснащения системы сбора и передачи оперативных данных.....	170



Часть 4. Обобщение концепции, первоочередные задачи и технические предложения по организации мониторинга .....	173
Введение.....	173
<i>Задачи комплексного мониторинга.....</i>	<i>174</i>
<i>Утверждения .....</i>	<i>174</i>
<i>Порядок и приоритеты.....</i>	<i>175</i>
<i>Условия развертывания системы наблюдения .....</i>	<i>176</i>
4.1. Система экологического мониторинга в районе добычи нефти на шельфе о. Сахалин .....	177
<i>Проект "ЭКОТЕСТШЕЛЬФ" .....</i>	<i>177</i>
<i>Вопросы, требующие разрешения.....</i>	<i>179</i>
4.2. Обзор наработок и предложений СКБ САМИ по организации гидрофизического мониторинга на сахалинском шельфе.....	182
<i>Разработка информационно-технического комплекса для оценки состояния окружающей среды и выработки экспертных решений.....</i>	<i>182</i>
<i>Создание вычислительного комплекса для моделирования гидродинамических и гидрометеорологических процессов.....</i>	<i>183</i>
<i>Гидроакустическая томография .....</i>	<i>185</i>
<i>Принципы работы гидроакустических приборов .....</i>	<i>187</i>
<i>Основные характеристики приборов, разрабатываемых в СКБ САМИ.....</i>	<i>188</i>
<i>Вариант практического использования приборных комплексов.....</i>	<i>191</i>
<i>Общее количество и положение станций .....</i>	<i>191</i>
<i>Стационарная сеть сейсмических и сейсмоакустических станций для наблюдения за сейсмическими событиями в районе нефтегазовых промыслов.....</i>	<i>192</i>
Дистанционное зондирование океана из космоса .....	195
<i>Организационно-технические предложения .....</i>	<i>195</i>
<i>Цели и задачи работы .....</i>	<i>195</i>
<i>Основное содержание работы .....</i>	<i>195</i>
Заключение .....	196
Ссылочные материалы.....	197
Список таблиц .....	197
Список рисунков .....	198
Литература .....	202

## О МОНИТОРИНГЕ В ЦЕЛОМ

(о системе наблюдения как объекте проектирования, создания и эксплуатации)

Островная Сахалинская область – «особая морская страна» в России, которая в наибольшей степени связана с необходимостью изучения и освоения морских акваторий. Жизнедеятельность и жизнеобеспечение области зависят от слаженности работы систем наблюдения за состоянием моря, обеспечивающих судовождение, безопасность мореплавания и своевременное предупреждение об особых условиях на море или опасных морских явлениях.

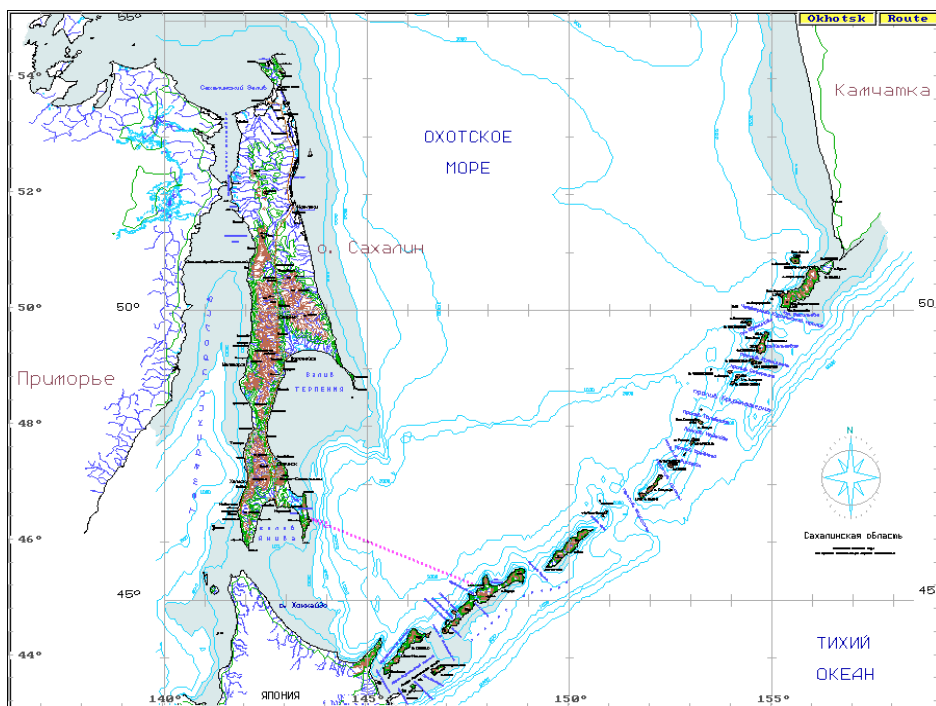


Рисунок 1. Географическая карта Сахалинской области с батиметрическими изолиниями прилегающих акваторий Охотского, Японского морей и Тихого океана. Прерывистая линия, соединяющая остров Итуруп и мыс Левенорна на острове Сахалин, отмечает стационарную гидроакустическую трассу СКБ средств автоматизации морских исследований ДВО РАН

Уникальность Сахалинской области обусловлена также особыми географическими условиями: наивысшей на земном шаре сейсмической активностью в районе Курильских островов, частыми проявлениями штормов, тайфунов и других гидрометеорологических явлений, происходящих на границе между величайшим Тихим океаном и материком Евразия. Как и весь Дальний Восток России, Сахалинская область является богатейшим по своим природным ресурсам краем, освоение которых возможно только в условиях бесперебойного и эффективного функционирования всех служб наблюдения и контроля за состоянием моря.

Данная книга была подготовлена по материалам научно-исследовательской работы "Исследование путей создания комплексной информационно-измерительной системы мониторинга в районе буровых работ и нефтедобычи на сахалинском шельфе", выполненной в 1997 году по заданию Сахалинского комитета по экологии. Приводимые здесь примеры вычислительных экспериментов по моделированию гидродинамических процессов в Охотском море и прилегающих к Курильским островам акваториям Тихого океана выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 97-05-66037.

В соответствии с «Основными принципами организации и функционирования» Единой государственной системы мониторинга (ЕГСМ)\* экологический мониторинг морских акваторий может быть только подзадачей единой и комплексной системы наблюдения за состоянием моря, общее решение которой должно быть реализовано, в первую очередь, в рамках действующих оперативных служб СахУГМС, СахОМСП и др., обеспечивающих реальное и непрерывное наблюдение за состоянием окружающей среды.

Как известно, на сахалинском шельфе имеются богатые месторождения нефти и природного газа, в то же время этот район является чрезвычайно сложным для освоения, что обуславливается сильными течениями, тяжелой ледовой обстановкой в зимнее время, а также экологической ранимостью северной природы. С целью обеспечения безопасности ведения нефтепромысловых работ на сахалинском шельфе, особенно в зимнее время и в периоды осенних и весенних штормов, а также для осуществления непрерывного экологического контроля в шельфовой зоне, должен осуществляться непрерывный и оперативный мониторинг гидрофизических и экологических параметров состояния моря. Нефтепромысловые службы и экипажи буровых установок должны быть обеспечены полным комплексом

\*

1.1. Мониторинг природной среды - проведение наблюдений со специально определенным пространственным, временным и компонентным разрешением за параметрами природной среды, оценка их состояния и прогноз ожидаемых изменений.

1.2. Экологический мониторинг - мониторинг антропогенного воздействия на окружающую природную среду, изменений в состоянии природной среды и экосистем, проводимый в целях оценки состояния окружающей природной среды, прогноза возможных изменений. На основании этой информации осуществляется выработка долгосрочных и оперативных управляющих решений в области охраны окружающей среды, рационального природопользования, обеспечение экологической безопасности.

1.3. Для достижения поставленных целей экологическим мониторингом решаются следующие задачи:

- выделение объекта наблюдения, формирование концептуальной и информационной модели объекта наблюдения;
- обеспечение сбора, обработки, хранения полной, достоверной и сопоставимой информации о состоянии объектов наблюдения;
- комплексная и тематическая аналитическая обработка данных;
- своевременное доведение до заинтересованных потребителей данных экологического мониторинга;
- согласованное методологическое и метрологическое обеспечение ведения различных видов мониторинга природной среды.

штормовых предупреждений, своевременными прогнозами об опасных морских явлениях и точными данными об изменениях сейсмической активности в районах, где ведется добыча природного газа.

Это тем более важно, поскольку сам по себе экологический контроль функционирования объектов, связанных с разведкой и добычей нефти и газа на сахалинском шельфе, как источников воздействия на окружающую природную среду, даже включающий контроль зон их непосредственного влияния (импактный мониторинг), не обеспечит экологическую безопасность в этом районе. Эта безопасность в еще большей степени зависит от безопасности строительства и эксплуатации самих сооружений на шельфе и мореплавания в этом районе, все еще недостаточной изученностью законов проявления опасных морских явлений и возможностью заблаговременного предсказания времени и интенсивности их проявления.

Целью данной работы является поиск организационно-технических решений по осуществлению долговременного и оперативного контроля обстановки в районе нефтепромыслов, которые должны обеспечивать не только своевременное обнаружение экологической опасности, но и выполнять оперативный анализ и предупреждение о потенциально опасных морских и природных явлениях, которые угрожают безопасности работ на море, сохранности инженерных сооружений или нефтепромысловой инфраструктуры в целом.

Требования к системе наблюдения за состоянием моря имеют многоплановый характер, где, к примеру, экологический контроль находится в зависимости как от результатов исторических наблюдений и исследований, так и от текущей обстановки приоритетов по изучению обстановки на шельфе со стороны конкретных экспертов и контролирующих органов. Здесь же необходимо высказать утверждение о невозможности выработки законченных критериев полноценного экологического контроля, который мог бы охватить независимые, по сути, аспекты экологических и океанологических исследований. Тем не менее в организационно-техническом плане возможно и вполне актуально создание базовой системы для выполнения оперативных, режимных и долговременных наблюдений в акваториях, потенциально подверженных негативному воздействию при освоении нефтедобывающих участков сахалинского шельфа.

Важным фактором при организации экологического контроля является необходимость взаимодействия с действующими службами гидрометеорологических и сейсмических наблюдений, которые участвуют в обеспечении безопасности работ на море, осуществляют своевременную доставку штормовых предупреждений об опасных морских и природных явлениях.

Для обеспечения комплексного подхода необходимо систематизировать цели, задачи и методы экологического и океанологического мониторинга на сахалинском шельфе, выработать технические решения, основанные на современных инструментальных средствах для выполнения наблюдений за состоянием моря, и разработать организационно-правовые мероприятия по реализации наиболее эффективных технологий с минимальными затратами при развертывании и при последующей эксплуатации новой системы наблюдения.

Основные направления работ и исследований можно кратко определить с помощью следующих тезисов:

### **Этап проектирования**

1. X - Научно-техническое обеспечение и инструментальная база:
  - 1.1. Приборы и системы для выполнения океанологических наблюдений;
  - 1.2. Анализ данных, экстраполяция по площади и обеспечение прогнозов во времени;
  - 1.3. Систематизация аналитических материалов, моделирование физических процессов.

### **Этап создания**

2. Y - Методы наблюдения и контроля, законодательно-административные аспекты:
  - 2.1. Оперативный контроль гидрометеорологических и гидрофизических параметров;
  - 2.2. Выполнение режимных наблюдений за состоянием сахалинского шельфа;
  - 2.3. Постоянный экспертно-аналитический анализ общего положения дел.

### **Этап эксплуатации системы наблюдения и контроля**

3. Z - Факторы назначения, цели и времени выполнения наблюдений
  - 3.1. Предотвращение катастроф и предупреждение об экологической опасности;
  - 3.2. Изучение, контроль и анализ текущей экологической обстановки;
  - 3.3. Минимизация негативного влияния и ликвидация экологических катастроф.

Разделенные по этапам группы задач, по сути, образуют независимые направления работ и исследований, которые в этом случае могут быть определены с помощью трехмерного (пространственного) логического базиса (рисунок 2).

Структура и содержание книги соответствуют этапу проектирования комплексной системы наблюдения на сахалинском шельфе, что, в соответствии с логическим базисом, определяет каждую из предметных глав в виде эквидистантных “плоскостей” на осях “Y - задачи” и “Z - цели”. Каждая из глав (части 2,3,4) – плоскостей (рисунок 2, *плоскости “Методы”*) представляет собой логическую матрицу, смысловое содержание элементов которой позволяет всесторонне исследовать методы наблюдения с учетом научно-технических и организационно-правовых аспектов проектируемой службы и системы наблюдения.

Исключение составляет часть 1-я, в которой проводится обзор ранее выполненных на сахалинском шельфе исследований. В результате такого обзора делается попытка систематизировать имеющиеся на 1998 год данные, которые должны составить основу для реализации единой и комплексной системы наблюдения в районе проведения нефтепромыслов на сахалинском шельфе, с учетом потоков информации и регламента работы действующих в Сахалинской области служб и систем наблюдения за состоянием окружающей среды.

Не умаляя значимости логического проектирования комплексной системы мониторинга как функционально единой системы контроля обстановки на море, изначально следует коснуться исполнительской среды, в активизации которой не последнюю роль играют социально-экономические условия Сахалинской области.



Рисунок 2. Логический базис проектирования, создания и эксплуатации системы оперативного мониторинга и контроля сахалинского шельфа

**1. Научные исследования**, к которым относятся гидродинамические и гидрофизические и гидрометеорологические вычислительные эксперименты, создание экспертно-аналитических систем и методологическое обеспечение задач мониторинга в целом. Успешное выполнение этого комплекса работ всецело зависит от авторитета и научной продуктивности группы из 2-3 ученых. Ориентировочная стоимость работ, включая их техническое обеспечение, в условиях Сахалина в 1998 году, составляет около 300 тыс.руб. в год ( $\approx \$50,000/\text{год}$ ). При этом экстенсивный путь, основанный на увеличении финансовых вложений, не может дать эффекта активизации работ, и в лучшем случае распылит силы на бесплодную отчетность за освоенные средства.

**2. Информационное обеспечение** экологического мониторинга Сахалинского шельфа, как других видов наблюдения за состоянием моря, всецело зависит от политической воли администрации Сахалинской области и степени следования ей со стороны органов управления нефтепромыслами. Производственные организации мало беспокоят копеечные затраты на организацию мониторинга, который, к тому же, является технологически тривиальным по сравнению с техническими мощностями нефтепромысловых работ. Отсутствие же взаимопонимания в этом вопросе приводит к сверхзатратам на локальный производственный мониторинг в районе нефтепромыслов, который без общероссийской океанографической службы не может дать сколько-нибудь значимых результатов. Решение проблемы ви-

дится в объединении и обеспечении доступности к океанографическим материалам со стороны всех заинтересованных служб и учреждений. Система должна состоять из издательского центра, в том числе публикующего данные на электронных носителях, и сетевого сервера, интегрированного как в общедоступную сеть – типа Интернет, так и в производственные системы связи и управления нефтепромыслами. Эффективность научных исследований (пункт 1) в очень большой степени зависит от наличия такой информационной системы. Создание информационной среды и системы доступа к данным оценивается суммой в 1-2 млн.руб. ( $\approx \$300,000$ ) с аналогичными ежегодными затратами на поддержание информационной системы в статусе постоянно действующей оперативной службы. Увеличение финансирования может улучшить работу такой системы только при условии обоснованности и жестком контроле финансовых затрат.

**3. Комплексная система наблюдения** за состоянием моря сама по себе является очень дорогостоящей и технически сложной задачей. Тем не менее такая система может быть создана при двух условиях: 1) она будет интегрирована в производственные службы и системы управления нефтепромыслами; 2) система будет создаваться на строгой и единой научной основе (пункт 1) и в условиях существования открытой информационной системы наблюдения за состоянием моря (пункт 2). Фактически такая система наблюдения может считаться созданной, если будет образован научный центр и связанная с ним океанографическая информационная система. В этом случае дополнительное финансирование будет осваиваться под их управлением и ответственностью. В данной работе будет выполнен обзор технических средств и предложена концепция объединения их в систему наблюдения, после ввода в эксплуатацию которой могут быть решены различные задачи как экологического мониторинга нефтепромысловых районов, так и обеспечения безопасности ведения работ на море.

Мониторинг морских акваторий Сахалинской области является одним из важнейших элементов жизнеобеспечения дальневосточных районов России, и составляет неотъемлемую часть служб обеспечения мореплавания, освоения морских ресурсов и хозяйствования на Дальнем Востоке. Любые производственные работы, оперативные наблюдения или научные исследования на море всегда выполняются при непосредственном участии государства. Последнее в большей степени обусловлено не особыми интересами государственных служб, а исключительной сложностью и высокой стоимостью любых работ на море, которые в принципе не могут быть выполнены без координации действий всех служб и организаций, заинтересованных в освоении или изучении морских акваторий.

С учетом морской специфики мониторинга построена схема взаимодействия для главных участников морских работ и исследований (рисунок 3), которые должны принять участие в создании комплексной системы наблюдения и контроля состояния шельфовых акваторий Сахалинской области.

Как показано на рисунке ниже, успешное выполнение производственных задач в морских условиях (*на рисунке слева*) возможно только в условиях поддержания сложной инфраструктуры вспомогательных и контролирующих служб. Академическая наука (совместно с отраслевой), в данном случае, играет роль организации, которая должна поддерживать на современном техническом уровне действующие

морские службы, важное место среди которых на Сахалине занимают оперативные и режимные отделы СахУГМС и СахОМСП.

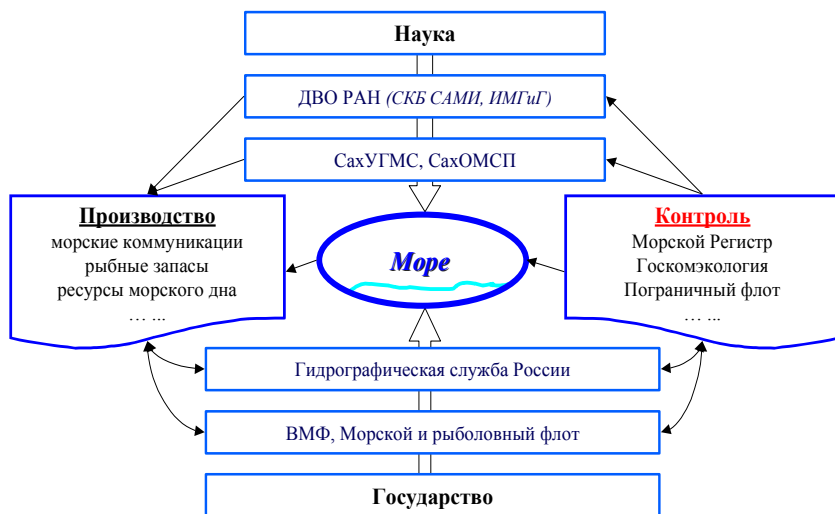


Рисунок 3. Схема взаимодействия главных участников, выполняющих производственные работы, и действия по обеспечению жизнедеятельности на морских акваториях Сахалинской области

Наблюдение за состоянием моря и принятие решений при возникновении особых условий или проявлении опасных явлений, требует высокой квалификации инженеров на всех уровнях оперативных служб. Будущее развитие береговой инфраструктуры и промышленное освоение морских акваторий будет невозможным без внедрения новейших технологий для ведения работ на море, без решения множества других задач по изучению природы и взаимодействия атмосферы и океана. Последнее возможно только в условиях активного взаимодействия между академической наукой и действующими службами наблюдения за состоянием моря.

К сожалению, на момент начала освоения нефтепромысловых запасов сахалинского шельфа взаимодействие указанных на рисунке выше морских служб и организаций ослаблено.

По мнению авторов, новая комплексная система мониторинга должна создаваться (воссоздаваться) силами сахалинских ученых и инженеров, при ее создании должен быть в полной мере использован потенциал российской океанологической науки, а сама система должна служить естественным продолжением многолетних исследований в Охотоморском регионе. В создании такой системы должен, конечно же, учитываться опыт мировой океанографической науки, при этом определяющим должно быть требование преемственности российской научной школы, с обязательным соблюдением условий на продолжение ранее выполненных исследований и многолетних циклов стандартных океанографических наблюдений.



## ЧАСТЬ 1. ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЙ НА САХАЛИНСКОМ ШЕЛЬФЕ

### Введение

*(о взаимосвязи морских систем наблюдения и управления нефтепромыслами)*

Базовая концепция экологического контроля нефтепромысловых районов сахалинского шельфа должна опираться на комплексный океанологический мониторинг, который является естественным продолжением океанографических и рыбохозяйственных исследований в Охотоморском регионе. Известно, что сахалинский шельф является чрезвычайно сложным районом, районом с высокой повторяемостью штормовых ветров, где обширный мелководный шельф усиливает воздействие штормовых нагонов, цунами и приводит к сильной изменчивости приливных течений. В зимние периоды вдоль сахалинского шельфа с большой скоростью движутся североохотоморские льды, которые могут оказать сокрушительное воздействие на любые морские инженерные сооружения, особенно если их равномерное поступательное движение будет возмущено штормовым ветром или моретрясением.

В периоды активизации морских нефтепромысловых работ наблюдения за состоянием моря должны принимать комплексный характер и переводиться в режим оперативного мониторинга, что в первую очередь обуславливается требованиями обеспечения безопасности человеческой жизни на море и - как следствие недопущения аварийных ситуаций – обеспечивает предотвращение экологических катастроф. Система наблюдения за состоянием моря, которая должна обеспечивать предупреждение об опасных морских явлениях и осуществлять информационную поддержку для принятия решений в штормовых условиях, в организационно-техническом плане полностью соответствует требованиям к чисто экологическому мониторингу, одновременно являясь существенно более оперативной. Это подтверждает тезис о необходимости комплексного мониторинга сахалинского шельфа, в котором системы сбора информации и приборы, осуществляющие экологический контроль водной среды, изначально должны быть интегрированы в единую систему сбора оперативных данных о состоянии моря, которые совместно должны влииться в системы связи и управления нефтепромыслами.

Учитывая указанные особенности нефтепромысловых акваторий, в обзоре материалов исследований сосредоточимся на общедоступных материалах по гидродинамике и гидрологии охотоморского участка сахалинского шельфа, сделаем попытку увязать материалы исследований 1994-1996 гг. с целями долгосрочного и непрерывного мониторинга, уделяя особое внимание имеющимся наработкам, которые должны быть положены в основу как локальных систем наблюдения, так и всей системы мониторинга в целом.

Комплексный мониторинг нефтепромысловых районов сахалинского шельфа, как и любые другие наблюдения за состоянием окружающей среды, решает три взаимосвязанные задачи:

1) Сбор оперативной информации, автоматизированный контроль и анализ состояния окружающей среды с целью прогноза и оповещения об опасных явлениях природы. Эффективность использования такой системы существенно зависит от качества экспертизы текущей обстановки, опирающейся на систематизированные материалы океанологических исследований и обобщенный опыт предотвращения аварийных ситуаций.

2) Постоянное наблюдение за изменением состояния окружающей среды и комплексный анализ последствий, связанных с воздействием на морские акватории в результате производственной деятельности. Сброс в море разогретого до высокой температуры шлама и сложных по химическому составу буровых растворов может привести как к активизации жизнедеятельности вблизи буровых платформ, так и к необратимым для ранимой северной природы последствиям. Объективный анализ экологической обстановки и принятие конструктивных решений по недопущению отрицательных последствий возможны только в условиях доступности для широкой научной общественности как материалов предыдущих лет исследований, так и всего комплекса текущих экологических наблюдений и исследований, которые всегда должны использовать и обогащать мировой опыт разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений в других морских акваториях Мирового океана.

3) Эффективное и быстрое объединение информации от всех систем наблюдения и информационно-аналитических комплексов, задействование систем связи для объединения ведущих специалистов в различных областях знаний – действия, которые должны выполняться незамедлительно, в случае возникновения угрозы для человеческой жизни на море или при необходимости оперативного принятия решений по защите природы и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф. Нет необходимости давать пояснения, что отсутствие отлаженной системы оперативного взаимодействия в тревожных ситуациях или неполное задействование в такой системе имеющегося научно-технического потенциала может превратить любое опасное природное явление в катастрофу как для нефтепромыслов, так и для сахалинского шельфа в целом.

Среди важнейших и первоочередных задач подготовительного периода при освоении сахалинского шельфа необходимо выделить работу по созданию общедоступной информационной системы и экспертно-аналитического комплекса, включающего в себя материалы всех океанологических исследований, современные математические и вычислительные модели для обработки и анализа исторических материалов и данных, поступающих от оперативных систем наблюдения. Только после систематизации всего комплекса имеющихся океанологических данных и приведения их к виду, удобному для оперативного использования, возможно решение задачи о создании эффективной и оптимальной по стоимости системы наблюдения за состоянием сахалинского шельфа.

Эта же информационная система необходима для реализации численных моделей и вычислительных экспериментов, которые изначально должны быть адаптированы к реальному гидродинамическому режиму и гидрофизическим условиям в нефтепромысловых акваториях сахалинского шельфа.

Здесь также будут рассмотрены известные на сегодняшний день материалы исследований, которые могут составить основу для вышеуказанной информационно-аналитической системы, при этом основное внимание будет уделено океанологическим данным и результатам вычислительных экспериментов, по которым имеется определенный задел и которые могут быть использованы в службах оперативного контроля и принятия решений при обнаружении опасных морских и природных явлений.

К сожалению, современное приборное оснащение морских исследований не позволяет проводить оперативную (*in situ*) регистрацию экологических параметров с той точностью, которая требуется нормативно-правовыми документами. Более того, даже лабораторный анализ проб морской воды не всегда дает точные и надежные оценки состава загрязнений морской воды на уровне ПДК.

На основании материалов мониторинга морских вод северо-восточного участка сахалинского шельфа, выполненного Сахалингидрометом, и результатов экспедиционных исследований 1994-1996 гг., выполненных по заявкам иностранных компаний, осваивающих этот нефтегазоносный район, можно сделать вывод, что этот район еще относительно чистый. Экологическая обстановка в последние годы здесь только улучшалась. На это повлияло уменьшение выбросов в реки, которые производились лесозаготовителями в бассейне реки Тымь. Но поскольку в Охинском и Ногликском районах по-прежнему идет добыча нефти и ее потери происходят на всех этапах технологического процесса: добычи, транспортировки подготовки и хранения, - качество поверхностных вод в реках и морских вод на самом шельфе нельзя признать полностью благополучным.

В 1996 году в Ногликском районе зарегистрирован один аварийный сброс товарной воды, содержащей нефтепродукты, а в Охинском районе - 6 аварийных сбросов нефтепродуктов. В реке Охинка (г. Оха) в течение всего года наблюдался высокий уровень загрязнения нефтепродуктами, превышающий 200 ПДК. В конечном итоге все это загрязнение воздействует на зону шельфа и требует тщательного мониторинга загрязнений, поступающих непосредственно в эту зону с поисковых и добывающих платформ. Суровые гидрометеороусловия этого участка шельфа в еще большей степени могут способствовать появлению аварий при добыче и транспортировке нефти.

Соответственно, особое внимание при проведении мониторинга на сахалинском шельфе должно уделяться вопросам предупреждения об опасных морских явлениях, которые могут привести к катастрофическим последствиям для морской среды, а также оперативному мониторингу, который необходим для организации действий по ликвидации последствий таких аварийных ситуаций. Это означает выделение в первоочередные задачи мониторинга гидродинамического режима (течения, приливы, штормовые нагоны, цунами) и волнового климата. Изучение гидродинамических условий и создание современных вычислительных экспериментов по их моделированию позволит не только контролировать распространение производственных загрязнений, но также создаст информационно-аналитическую базу для принятия решений по обеспечению безопасности человеческой жизни на море, борьбе за живучесть и по ликвидации последствий аварийных ситуаций на судах и морских инженерных сооружениях.

## 1.1. Экологическая стратегия

Современное представление проблемы экологизации взаимодействия человека и окружающей среды выработано на основе системного подхода к проблеме, при котором выделяются структурные элементы системы и устанавливается характер их взаимодействия.

Наиболее общим структурным понятием в этом представлении является понятие ЭКОСИСТЕМЫ, единство и целостность которой составляют элементы, объединенные во многоуровневой иерархии.

Подсистемами 1-го подуровня являются БИО- и ТЕХНОСФЕРА, во взаимодействии которых и возникает проблема экологии (таковой не существует, если рассматривать каждую "сферу" в отдельности!).

Как правило, во взаимодействии био- и техносферы активное начало принадлежит последней, в силу чего для описания характера взаимодействия структур экосистемы выработано понятие ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ [Х.Маринов и др., стр.97].

Экологическая стратегия заключается в осуществлении регулируемых и управляемых воздействий и изменений природной среды (биосферы) для максимального удовлетворения материальных и духовных потребностей человечества.

**Тем самым констатируется:**

1. Существующее состояние природной среды не свидетельствует само по себе в пользу своего благополучия или неблагополучия - подобные оценки могут быть сделаны только с точки зрения соответствия принятой экологической стратегии.
2. Воздействия на природные системы не только возможны, но и объективно неизбежны, поскольку природные системы постоянно взаимодействуют между собой и далеко не всегда находятся в равновесии, что требует искусственного приведения их в состояние, соответствующее принятой экологической стратегии.

**Данные обстоятельства позволяют сделать важные практические выводы:**

1. "Фоновые" параметры природной среды не могут служить эталоном состояния, к которому нужно стремиться.
2. Наиболее важным при экологических исследованиях является не измерение параметров состояния, а выявление корреляционных зависимостей между характером изменения параметров природной среды и факторов воздействия, поскольку знание закономерностей взаимодействия определяет эффективность реализации экологической стратегии.

*Тип собираемых данных:*

*режимные наблюдения параметров состояния морских биоценозов в зависимости от флуктуации внешних потоков энергии и вещества.*

3. При экологическом мониторинге необходимо контролировать не только параметры состояния биосферы, но и техносферы.

*Тип данных:*

*продуктивность и стабильность основных морских биоценозов, санитарно-гигиеническое и социально-экономическое состояние контингента производственной сферы, а также технико-экономическое состояние оборудования.*

В развитие понятия экологической стратегии необходимо добавить, что оно также структурировано. Критерием структуризации является степень реализации стратегии.

При значительном опережении темпов развития потребности общества в минеральном сырье и ограниченных возможностях экологизации техносферы взаимодействие био- и техносферы будет происходить по сценарию СТРАТЕГИИ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ, когда ускоряется каждый процесс, начавшийся в системе или с участием системы (типичный пример - образование оврагов).

При более благоприятном соотношении темпов развития потребностей и возможностей может быть реализована РЕЗИЛИЕНТНАЯ СТРАТЕГИЯ, при которой воздействие техносферы аккумулируется в природной среде без эффектов необратимости, а ответное воздействие биосферы приемлемо для техносферы (данная стратегия реализуется, в частности, в господствующем ныне повсеместно подходе к охране окружающей среды, когда законодательно устанавливаются нормы предельно допустимых концентраций ПДК).

Современное соотношение темпов и возможностей в отдельных случаях позволяет осуществлять СТРАТЕГИЮ КОНСЕРВАЦИИ, при которой био- и техносфера активно не взаимодействуют (безотходные технологии), что само по себе не исключает деградацию природной среды в ходе естественных процессов.

Идеальное (равновесное) соотношение темпов развития потребностей и возможностей является основой реализации собственно ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ.

Пространственным отображением экосистемы, для которой должна быть реализована определенная экологическая стратегия, является ЭКОРАЙОН как часть земной поверхности, включающую определенные области ЛИТО-, ГИДРО- и АТМОСФЕРЫ (подсистемы 2-го подуровня экосистемы), на которые распространяется воздействие активной подсистемы экорайона (например, техносферы) и, кроме того, имеющую границы, в которых обеспечиваются или могли бы обеспечиваться условия совместного существования и развития подсистем, представляющих био- и техносферу.

#### ***Практические следствия:***

1. При экологических исследованиях должны быть оценены не только воздействия на морскую среду, но также на донные осадки и придонный слой атмосферы.
2. Для выявления границ экорайона потребуются изучение направлений и механизма массо- и энергопереноса во всех указанных средах.

*Тип данных:*

*океанографические наблюдения, позволяющие выявить пространственно-временную цикличность процессов энерго- и массопереноса.*

В подсистемах 2-го подуровня должны быть выделены подсистемы 3-го подуровня, каковыми являются различные БИОЦЕНОЗЫ вместе с характеристиками среды их обитания (включая продукты питания и метаболизма).

По результатам изучения характеристик среды обитания биоценозов выделяются границы БИОТОПОВ, как однородных по факторам абиотической среды ограниченных пространств, занятых биоценозом. Контроль состояния биоценозов

в границах своих биотопов в зависимости от характера воздействия структурных элементов техносферы (о структуризации техносферы - отдельный разговор!) - естественный предел детализации экосистемы, практически определяющий размеры и плотность сети наблюдения при экологическом мониторинге (вопрос, требующий отдельной разработки).

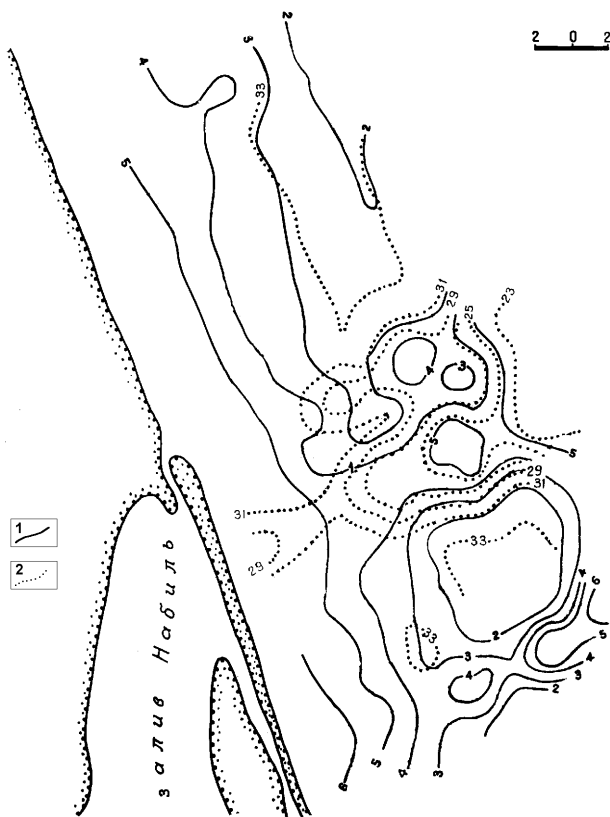


Рисунок 4. Иллюстрация влияния речного стока на распределение температуры и солёности морской воды: 1 - изотермы (градусы), 2 - изогалины (промилле)

*Тип данных:*

*физико-химические характеристики донных осадков, водной толщи, при-водного слоя атмосферы; параметры состояния биоценозов.*

Взаимодействие подсистем различных подуровней оценивается путем составления баланса обмена веществом и энергией (включая трофические цепочки), для чего необходимо отслеживать материальные потоки (размерность - масса на единицу площади или объема в единицу времени) и потоки энергетические (размерность - энергия на единицу массы в единицу времени) на границах биотопов.

*Тип данных:*

*режимные измерения световых и тепловых потоков, энергии массоперено-*

са по 3-мерной сети наблюдений адекватной структуре объекта исследования).

Эффективная реализация выбранной экологической стратегии предусматривает проведение предварительных этапов, первый из которых заключается в комплексном изучении природной среды с целью выявления границ экосистемы (эко-района) и закономерностей ее функционирования.

По результатам первого этапа могут быть сформулированы критерии и категории ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ, являющейся вторым предварительным этапом. Цель экологической экспертизы - формирование номенклатуры "загрязнителей" и выявление специфики их воздействия, разработка нормативных актов и требований, обоснование уровней предельно допустимых концентраций и соответственно - предельно допустимых сбросов и выбросов и др. (в зависимости от выбранной стратегии).

### ***Предпосылки выбора экологической стратегии для Сахалинского региона***

Современное соотношение темпов развития потребностей региона в минеральном сырье, по нашему мнению, значительно опережает возможности экологизации техносферы, в связи с чем существует большая вероятность того, что взаимодействие био- и техносферы будет происходить по сценарию *стратегии природных систем*.

Вместе с тем в силу крайнего упадка промышленного производства на Сахалине активного взаимодействия био- и техносферы в настоящее время не происходит, и при условии своевременной и эффективной мобилизации научно-технического потенциала региона сохраняется возможность реализации сценария *резилиентной стратегии*.

Исходя из оптимистического прогноза развития ситуации, следует выделить ключевую задачу экологической экспертизы, как предварительного этапа реализации выбранной стратегии. Такой задачей, по-видимому, будет *выявление аккумуляционной емкости наиболее уязвимой (хрупкой) экосистемы*. К числу подобных экосистем относятся: хвойные леса, мохово-лишайниковые растительные сообщества, обитатели тундроподобных биотопов и др., распространенные, в частности, на восточном побережье Сахалина.

Оценка аккумуляционной емкости позволит в дальнейшем установить регламент и контроль поступления веществ и энергии, критичных с точки зрения переполнения емкости системы.

С формальной точки зрения, решение задачи может показаться достаточно простым и ясным, поскольку статус акваторий сахалинского шельфа как объектов природопользования не превышает статус *рыбохозяйственных*, а прибрежной суши - статус *рекреационной зоны*, для которых установлены нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) и других показателей качества природной среды. Поэтому достаточно лишь контролировать соблюдение установленных нормативов.

Однако данный подход, широко используемый на практике, является свидетельством того факта, что ныне действующее законодательство носит явно выра-

женный *санитарно-гигиенический* характер, весьма далекий от экологической проблематики в современном ее понимании, как многокомпонентной и многоуровневой системы, изобилующей опосредованными и обратными связями.

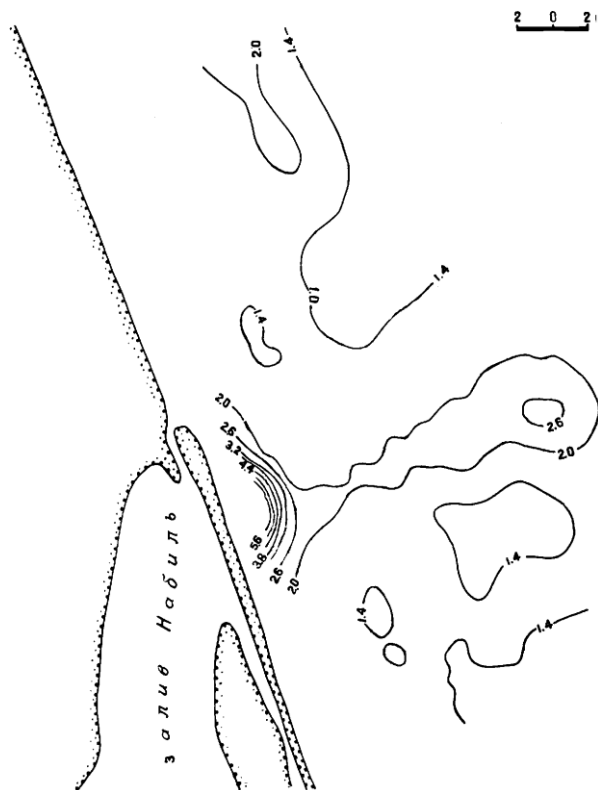


Рисунок 5. Факел выноса нефтяных углеводородов береговым стоком в прибрежные морские воды (изолиниями показана доля общего содержания углеводородов относительно содержания газообразных углеводородов). Следует обратить внимание на то, что вынос нефтепродуктов идет посредством дренажа через песчаный бар, т.е. масштабы загрязнения могут существенно превышать таковые, связанные непосредственно с речным стоком

Рисунки 4 и 5 иллюстрируют результаты наблюдений за загрязнением моря в районе залива Набиль.

Представляется, что диапазон организационно-методических мероприятий в рамках выбранной стратегии, с одной стороны, ограничен необходимостью соблюдения действующих нормативов качества природоохранных объектов, с другой, технико-экономическими возможностями региона по перспективному изучению экосистемы как самоценного объекта научных исследований.



## **Ключевые моменты организационно-методических мероприятий**

Не рассматривая в подробностях структуру санитарно-гигиенических мероприятий в зоне действия промышленных объектов, связанных с воздействием на окружающую природную среду, а также с ее состоянием, отметим, что в отечественной практике принято выделять, как минимум, три контролируемые зоны:

- промышленную;
- санитарно-защитную (СЗЗ);
- населенную (включая зону рекреации).

Любопытно отметить, что все прочее пространство, не подпадающее под признаки перечисленных зон, вообще выпадает из сферы природоохранного права и на регулярной основе не контролируется.

Принимая ПБУ в качестве отдельного промышленного объекта, целесообразно придерживаться указанной градации с тем, чтобы разделить задачи санитарно-гигиенического характера, решение которых выходит за рамки рассматриваемой тематики и собственно экологические. Промзона ПБУ и ее санитарно-защитная зона должны контролироваться соответствующими службами самого предприятия по регламенту, устанавливаемому областной СЭС. Именно для СЗЗ, размеры и пространственное положение которой должны быть обоснованы соответствующими расчетами с учетом возможного воздействия не только на поверхностный слой акватории, но и на *водную толщу, приводный слой атмосферы и донные отложения*, устанавливаются предельно-допустимые выбросы (ПДВ) и сбросы (ПДС), обеспечивающие соблюдение ПДК нормируемых веществ и других показателей качества природной среды.

Следует отметить, что благополучие в СЗЗ и промзоне предприятия не всегда обеспечивает подобный эффект за ее пределами и в этом случае носит временный характер (классический пример - производство фреона и разрушение озонового слоя, приведшее к локальному увеличению радиационной нагрузки).

Из вышесказанного следует, что вертикальный срез пространства, подлежащего изучению в процессе экологического мониторинга, охватывает зону от донных отложений до приводного слоя атмосферы.

Локализация объектов мониторинга по горизонтальному срезу пространства может быть сделана по расположению зон, контролируемых распределение загрязняющих веществ в морской среде. В первую очередь к ним относятся устьевые зоны берегового стока, зоны максимальных амплитуд приливной волны в сочетании с зонами максимального подтопления прибрежной территории.

### **1.2. Исследования гидродинамического режима**

Современное состояние вычислительных технологий и электронных средств передачи информации позволяет получать решения для выполнения реальных оперативных и экспертных работ по контролю окружающей среды, информационному обеспечению кораблеводства, выполнения прогнозов и предупреждение нефтепромысловых служб об обнаружении опасных морских и природных явлений.

Учитывая замкнутость Охотского моря, для реализации непрерывного численного моделирования гидродинамического режима (приливы, штормовые нагоны, цунами) достаточно вычислительных ресурсов современных персональных компьютеров класса IBM-PC. Соответственно разной степени сложности гидродинамические вычислительные могут непрерывно выполняться (в фоновом режиме) как непосредственно на буровых платформах (центрах локального мониторинга водной среды), так и в едином информационно-аналитическом центре контроля нефтепромысловых районов в целом.

Реальное численное моделирование должно выполняться в условиях поступления информации от локальных систем наблюдения в районе нефтепромыслов, срочных рассылок гидрометеорологической информации от СахУГМС и данных дистанционного зондирования океана из космоса, которые необходимы для подготовки исходных и начальных данных при выполнении вычислительных экспериментов и адаптации постоянно выполняющегося численного моделирования к текущим реальным гидродинамическим условиям в контролируемых акваториях.

### ***Результаты экспертной оценки длинноволнового режима сахалинского шельфа***

Для ускоренного анализа гидродинамических процессов в океане удобно использовать упрощенную кинематическую модель распространения длинных волн, которая позволяет строить карты изохрон и волновых лучей. При моделировании длинноволновых процессов в океане эти процедуры могут быть использованы не только для экспресс-анализа глобальной кинематики волновых процессов или с целью приближенной экстраполяции данных, поступающих от удаленных постов наблюдения.

Кинематические модели распространения длинных волн позволяют произвести картирование маршрутов распространения волновой энергии как для локальных источников возмущения, так для случая подхода волн из других регионов Охотского моря или Тихого океана. Сахалинский шельф является граничной акваторией Охотского моря, сложность рельефа дна которого не позволяет формализовать предварительные расчеты в виде обобщенных номограмм, но, учитывая, что на современных компьютерах кинематические расчеты выполняются чрезвычайно быстро, оперативное использование соответствующих кинематических моделей будет обеспечивать более глубокий экспертный анализ опасных длинноволновых явлений.

Наиболее наглядное представление результатов такого моделирования оформляется в виде карт с сеткой изохрон, фиксирующих положение волновых фронтов через равные интервалы времени, перпендикулярно к которым строятся линии лучей – направлений распространения волновой энергии. Там, где на такой криволинейной сетке наблюдается сходимости лучей и обратная кривизна волновых фронтов, - в этом районе следует ожидать существенного усиления первого учащения волн штормовых нагонов и цунами. В регионах же, где изохроны учащаются (проходят существенно ближе одна от другой), там следует ожидать усиления собственных колебаний мелководного шельфа, период которых можно оценить суммированием интервалов между учащенными изохронами.

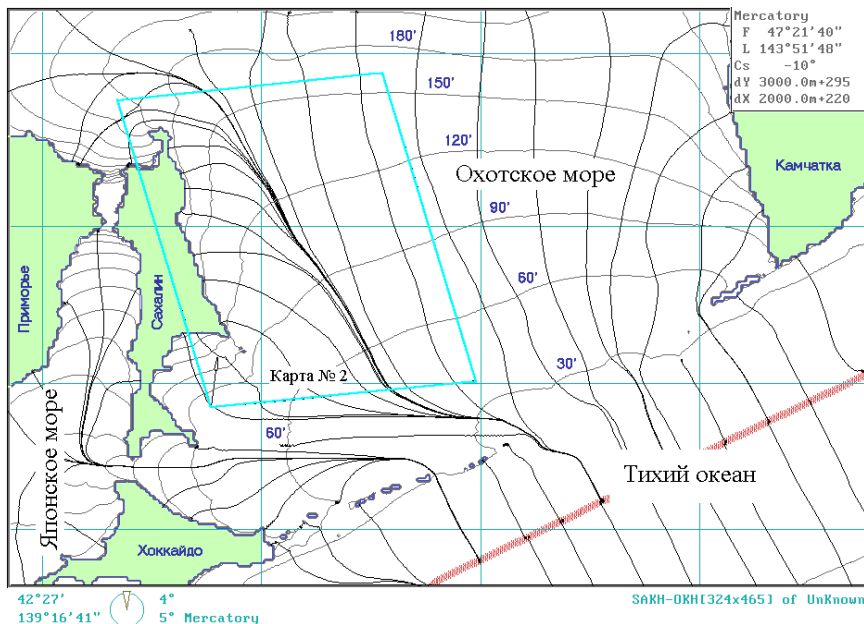


Рисунок 6. Ортогональная сетка лучей и фронтов относительно прямой линии, вытянутой вдоль тихоокеанской стороны Курило-Камчатского жолоба. Рисунок показывает направление и изменение интенсивности длинноволновых откликов вблизи сахалинского побережья на гидродинамические процессы в Тихом океане. Область, отмеченная как «Карта № 2», в последующем используется при анализе гидродинамического режима на сахалинском шельфе

Рисунок 6 показывает распределение волновых лучей и фронтов для первого вступления тихоокеанских приливных волн, с получасовым интервалом. По форме линий изохрон хорошо видно, что длинные (приливные) волны из Тихого океана рефрагируют и подходят к северо-восточному побережью сахалинского шельфа с фронтами, вытянутыми вдоль линии берега.

При этом важно заметить, что изолинии волновых фронтов имеют обратную кривизну (сходящиеся волновые лучи) именно в районе нефтедобычи, из чего должны быть сделаны выводы о высокой добротности мелководного сахалинского шельфа, откликающегося с малым затуханием на внешние длинноволновые воздействия (приливы, цунами, штормовые нагоны). В реальности из такого вывода следует повышенная опасность северо-восточного шельфа при любых проявлениях длинноволновых гидродинамических процессов - будь то цунами, штормовые нагоны, экстремальные скорости течений вдоль побережья или же изменение хода приливного режима под воздействием затяжных штормов над Охотским морем или других явлений в Тихом океане.

Рисунок 6 показал особые условия сахалинского шельфа при его отклике на внешние длинноволновые воздействия. Если же построить поле обратных изохрон - как волновых фронтов, одновременно излученных от побережья острова Сахалин, - то можно сделать оценку отклика сахалинского шельфа и найти узлы

концентрации длинноволновой энергии, наличие которых будет говорить об усилении опасного воздействия за счет собственных резонансных свойств шельфа (рисунок 7).

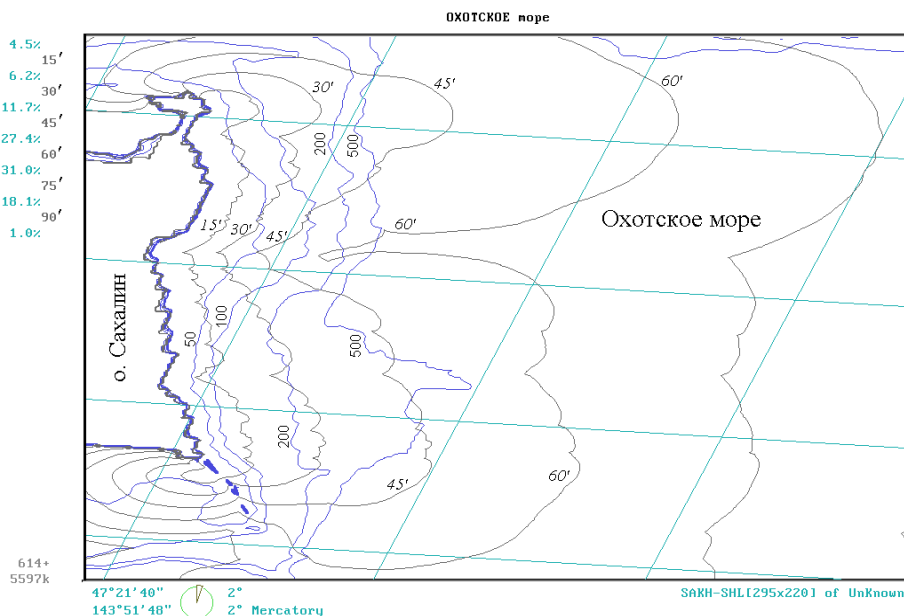


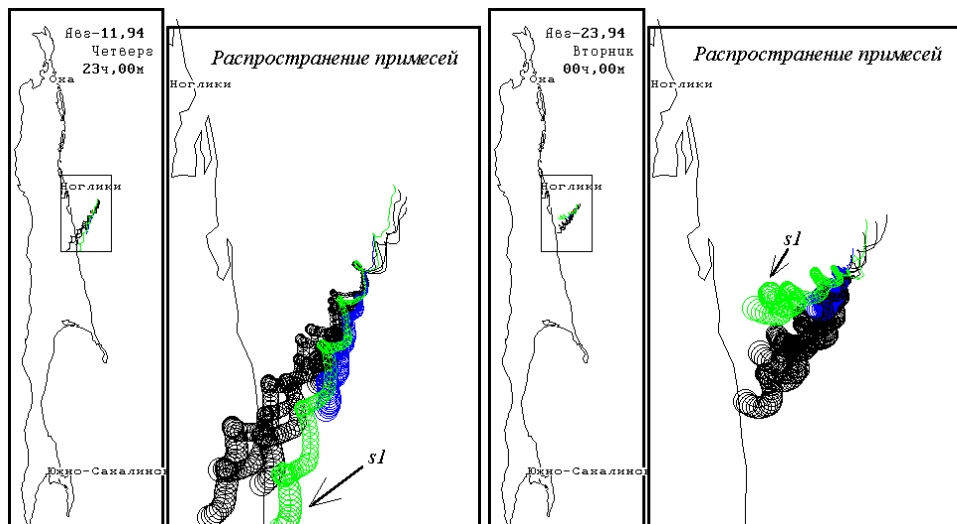
Рисунок 7. Поле обратных изохрон с 15-минутным интервалом, излученных от береговой линии острова Сахалин. Приведены также изобаты: 50, 100, 200, 500 м. Вверху, на левой границе рисунка, показано распределение площадей, в процентах, покрываемых 15-минутными полосами огибающих изохрон

Большая кривизна «обратных» изохрон в районе Аркутун-Дагинского месторождения (рисунок 7) говорит о том, что этот район должен активно откликаться на внешние длинноволновые воздействия и является опасным при проявлениях цунами и штормовых нагонов. В этом же районе находится узел главной приливной гармонике Охотского моря М2. Это означает, что в данном районе, при малых изменениях уровня моря, должны наблюдаться интенсивные приливные течения. Из-за близости волнового узла, который может перемещаться в пространстве под влиянием малых возмущений (к примеру, атмосферных), скорости приливных течений должны обладать сильной изменчивостью во времени.

Наблюдения течений выполнялись в 1994 году с помощью шести одновременно работающих приборов АЦИТ-м, установленных с борта ИГС «Триас» на трех горизонтах (придонный, подповерхностный и средний) в двух близлежащих точках с координатами  $51^{\circ}15'56.6''$  с.ш.  $144^{\circ}13'32.3''$  в.д. и  $51^{\circ}16'08''$  с.ш.  $144^{\circ}13'48.7''$  в.д.

В районе нефтепромыслов на сахалинском шельфе присутствуют интенсивные постоянные и приливные течения, которые к тому же обладают ярко выраженной изменчивостью во времени (рисунок 8). Показанная кинематика распространения загрязнений, построенная на основе наблюдений в 1994 году, показывает слож-

ный характер этого процесса и его зависимость от многих влияющих факторов. Для реальной оценки влияния сбросов отходов бурения на экологическую обстановку в районе бурения требуются существенно более длительные ряды непрерывных океанологических наблюдений, а также создание и адаптация к реальным условиям специализированных численных гидродинамических моделей.



а) 12-16 августа 1994 года –  
за этот срок покрывается расстояние  
более 100 км

б) 23-27 августа 1997 года –  
существенное изменение  
гидродинамических условий течения

Рисунок 8. Факел загрязнения моря за 5-дневный период. Характер распространения взвешенных в водной среде примесей по наблюдениям в двух близлежащих точках, в придонном, подповерхностном и в среднем горизонтах (6 следов). Стрелками с меткой *s1* отмечены подповерхностные течения, интенсивность которых существенно зависит от взаимодействия с атмосферой

Отметим, что в зоне шельфа преобладают суточные приливные колебания уровня моря с амплитудой около 1 метра. Учитывая, что время пробега волны от глубины 200 м до побережья приблизительно равно 1 часу, следует ожидать, что перепад приливного уровня моря у побережья составит около 20 см, что позволяет оценить градиенты наклона морской поверхности и динамику волновых процессов с помощью современных приборных измерений. Если такие измерения будут производиться непрерывно, то результаты их могут поступать по телеметрическим каналам на компьютеры, выполняющие вычислительные эксперименты в реальном времени. Это позволит восстановить (или адаптировать) общую картину гидродинамических процессов на шельфе с помощью вычислительных экспериментов, выполняющихся в реальном времени, при использовании ограниченного (оптимального) количества измерительных постов.

В процессе буровых работ и нефтепромыслов наблюдения и сопутствующие им вычислительные эксперименты должны выполняться непрерывно и в оперативном режиме, что необходимо как для регистрации распространения загрязнения, так и с целью экспертизы принимаемых решений при воздействии опасных морских явлений или ликвидации последствий аварийных выбросов нефти.

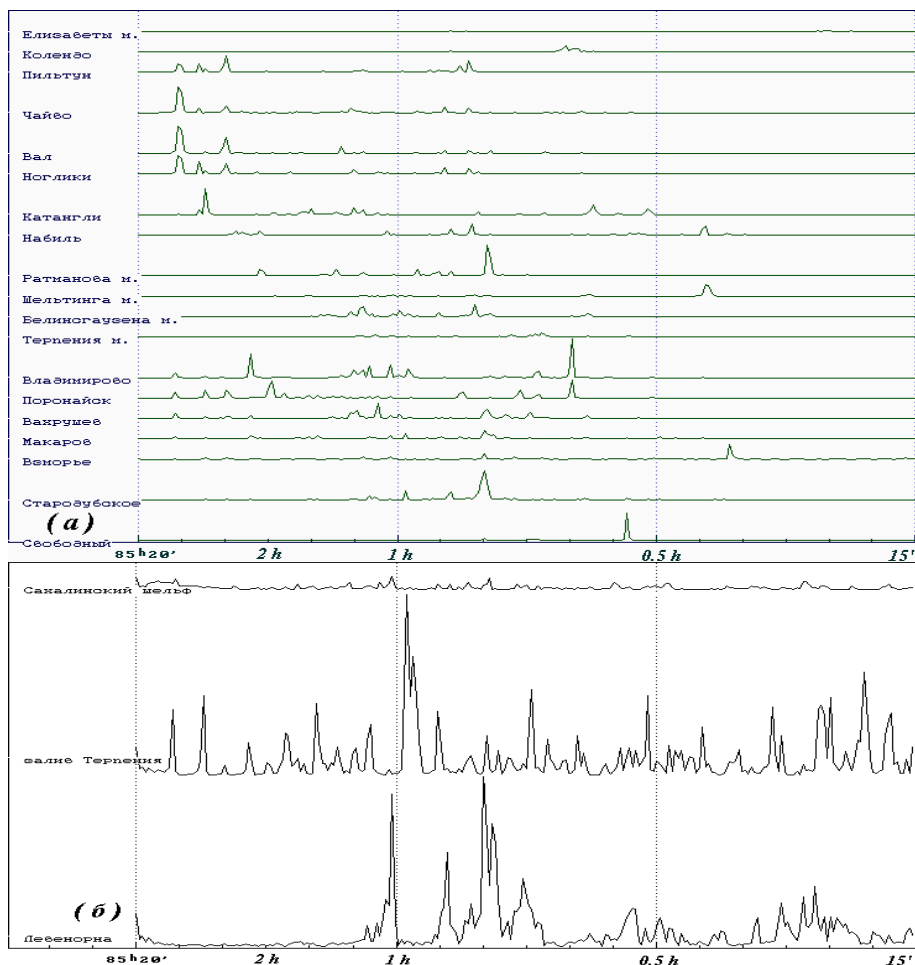


Рисунок 9. Спектральный состав собственных длинноволновых колебаний уровня моря в различных пунктах вдоль восточного побережья (с севера на юг) острова Сахалин. Спектрограммы в рисунках (а) и (б) приведены к одному масштабу, при этом спектральные амплитуды на рисунке (б) на 2 порядка меньше, чем на рисунке (а)

К настоящему времени в лаборатории вычислительной гидромеханики и океанографии СКБ САМИ имеется исследовательский комплекс вычислительных моделей, который позволяет не только экстраполировать точечные гидродинамические измерения на большие акватории, но и проигрывать опасные морские яв-

ления (тягуны и штормовые нагоны, цунами) в режиме опережающих (прогностических) вычислительных экспериментов. Указанные наработки могут и должны быть доведены до уровня их практического использования как в условиях оперативных служб наблюдения за состоянием моря, так и в качестве автоматизированных экспертных систем, которые могут быть использованы для принятия решений в чрезвычайных или аварийных ситуациях на море.

К примеру (рисунок 9-аб), для оценки наиболее вероятных периодов длинных волн, которые могут проявиться вблизи побережья сахалинского шельфа, было выполнено численное моделирование отклика восточного побережья Сахалина на единичный длинноволновой импульс. Исходный импульс имел период 6 минут. Полное время вычислительного эксперимента составило 1 месяц.

В спектральном анализе были задействованы записи мореграмм только за последние 3 недели, в которых исходный 6-минутный импульс успел угаснуть до такой степени, что в спектральных кривых он уже никак не проявлялся.

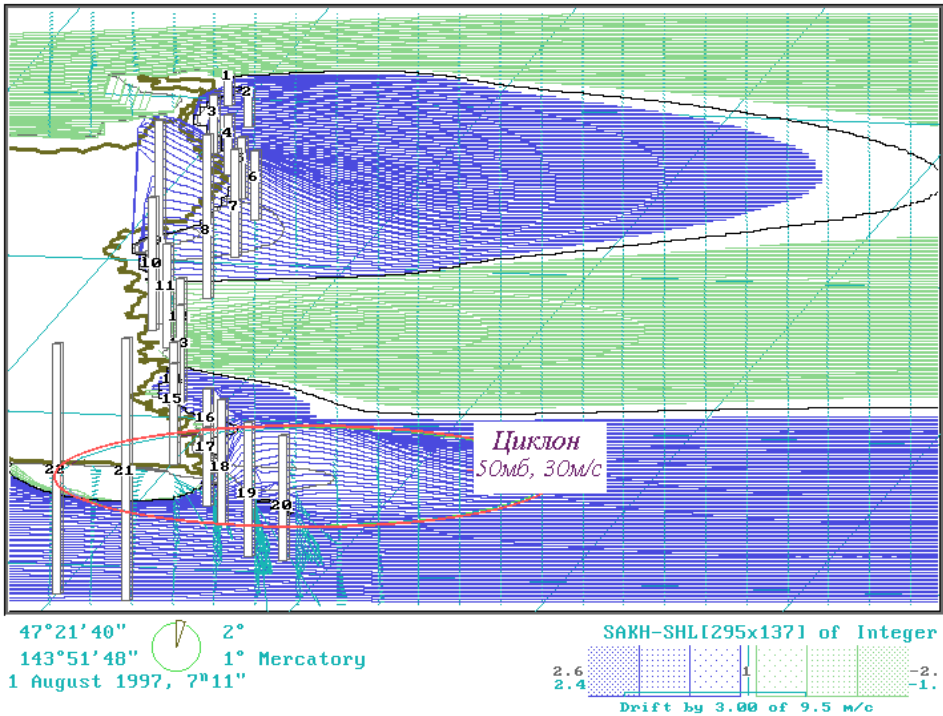


Рисунок 10. Изображение на экране ЭВМ в процессе численного моделирования прохождения циклона вдоль сахалинского шельфа. Столбиками обозначены экстремальные уровни моря в 22 постах наблюдения, стрелки показывают мгновенное поле течений. В нижней левой части экрана приведены масштабная шкала и экстремальные значения уровня моря и течения для всей расчетной области.

В этом же вычислительном эксперименте велось наблюдение за тремя характерными точками, расположенными вдали от побережья или вблизи свала глубин

(рисунок 9-б): точка "Сахалинский шельф" расположена к востоку от сахалинского шельфа на изобате 400 м; "залив Терпения" - посередине залива Терпения; "мыс Левенорна" - вблизи свала глубин в глубоководную Курильскую котловину.

Другой вычислительный эксперимент иллюстрирует возможности экспертного анализа обстановки на море в оперативном режиме. В качестве примера выбран наиболее опасный маршрут циклона - вдоль всего сахалинского шельфа. Предполагалось, что в результате длительного действия северных ветров вдоль сахалинского берега возникнет сильное течение - результаты превзошли все ожидания.

На рисунке выше показано образование шельфовой сейши, которая движется на север вдоль сахалинского шельфа с существенным опережением атмосферного циклона, располагающегося в южной части, - в районе мыса Терпения. Моделирование показывает, что в нефтепромысловом районе происходит усиление сейшевой волны штормового нагона, амплитуда которой превосходит аналогичный нагон в зоне действия циклона.

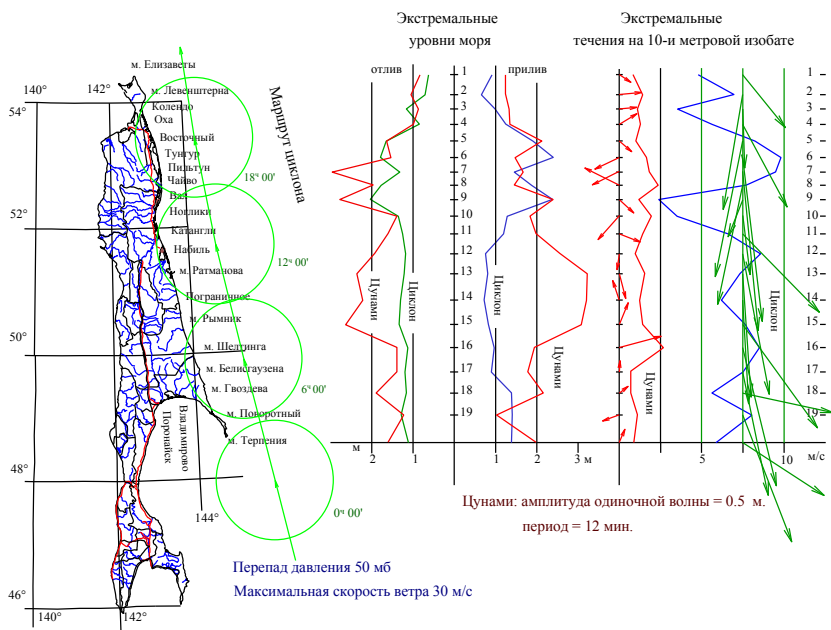


Рисунок 11. Результаты численного моделирования длинноволновых процессов на сахалинском шельфе, где в качестве источников возмущения задавались быстро движущийся циклон и одиночная волна цунами, движущиеся со стороны пролива Фриза

Механизм образования такого опережающего штормового нагона обусловлен отражением длинноволновой энергии от мелководных акваторий полуострова Терпения, которая затем перешла в северную часть сахалинского шельфа вдоль свала глубин Курильской котловины.

На рисунке выше показаны обобщенные результаты численного моделирования штормовых нагонов и цунами для прибрежных районов сахалинского шельфа



фа. Результаты моделирования могут быть использованы для быстрой оценки опасности наводнений, путем сопоставления результатов измерения в удаленных точках с участками побережья, для которого делается такая оценка. При необходимости такое моделирование может быть выполнено для уточнения возможной опасности морских наводнений и связанных с ними течений, когда по результатам наблюдения в удаленных точках, или даже в районе Курильских островов, будут сделаны измерения амплитуды и периода приближающейся к Сахалину сгонно-нагонной волны.

Из мореограмм, приведенных на рисунке ниже, видно, что после того как циклон приблизился к полуострову Терпения, со скоростью распространения сейшевой волны на север Сахалина стала распространяться волна «атмосферного цунами», при этом отраженная от полуострова волна оказалась больше, чем прямое воздействие циклона на северо-восточное побережье сахалинского шельфа.

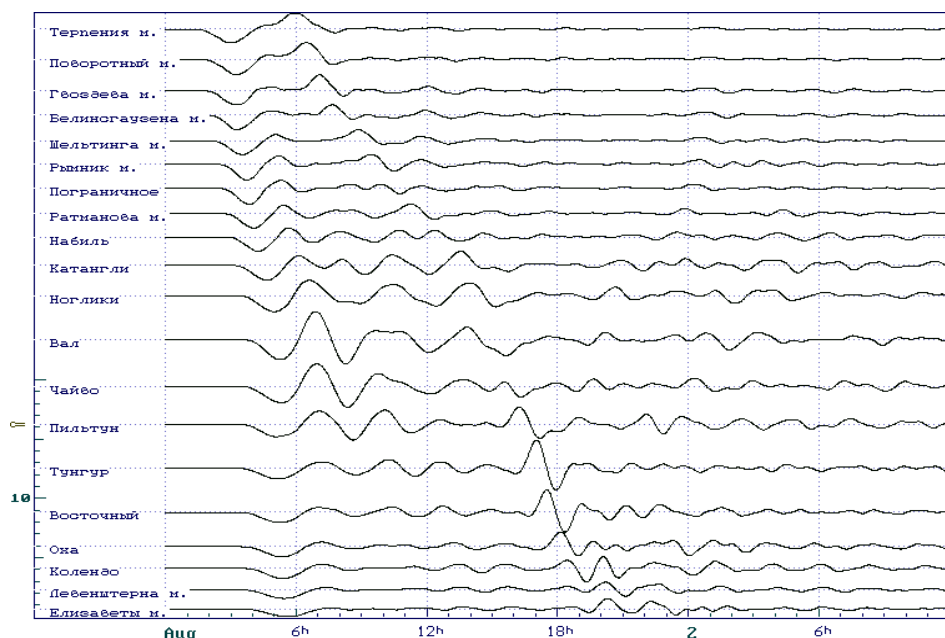


Рисунок 12. Мореографные записи, полученные при моделировании циклона, проходящего вдоль сахалинского шельфа

Использованный при моделировании циклон вызвал сейшевую волну с коэффициентом усиления около 5, относительно перепада давления в центре циклона. Опасность такой волны состоит в появлении высокоскоростных постоянных течений вдоль сахалинского шельфа, которое в приведенном примере достигало 10 м/с (около 20 узлов). Если такие процессы будут происходить в зимнее время, то ледовые подвижки с 20-узловыми скоростями будут представлять чрезвычайную опасность для любых морских инженерных сооружений, в том числе подводным трубопроводам, которые могут быть размыты или разрушены торашающимися ледовыми полями.

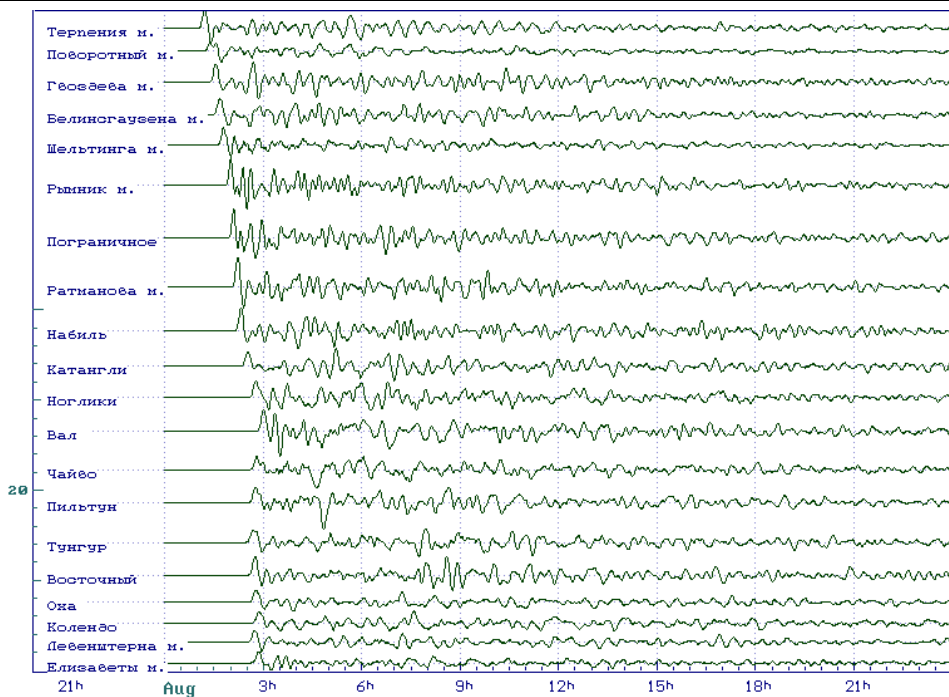


Рисунок 13. Проявление волны цунами, движущейся к Сахалину со стороны Курильских островов и имеющей амплитуду в источнике 0,5 м

Следует сделать выводы, что амплитуда волны цунами в районе нефтепромыслов усиливается, по крайней мере, в шесть раз и возбуждает более длительные во времени высокочастотные колебания уровня моря (в приведенном расчете период волны цунами около 12 минут).

### 1.3. Обзор океанографических исследований на морских акваториях Сахалинской области

#### ***Краткая справка по истории океанографических исследований***

Этап инструментальных океанографических исследований в Охотском море начался с первых наблюдений над течениями, приливами, температурой и удельным весом морской воды, которые были проведены И.Ф. Крузенштерном и Ю.Ф. Лисянским во время первой русской кругосветной экспедиции на шлюпах "Надежда" и "Нева" в 1803-1806 гг.

Затем заметный вклад в изучение юго-западного побережья Охотского и северной части Японского морей внесли экспедиции середины прошлого столетия. В экспедиции под руководством академика А.Ф. Миддендорфа (1842-1845 гг.) были получены первые сведения о фауне Охотского моря, которые вместе с теоретическими соображениями о ее происхождении были изложены впоследствии в его трудах. Нельзя не отметить большую роль Амурской экспедиции Г.И. Невель-

ского (1849-1855 гг.), основная заслуга которой заключается в проведении картографических изысканий. В этот период было доказано островное положение Сахалина, судосходность Амурского лимана, был выполнен значительный объем разнообразных гидрологических исследований.

Завершил этап первых инструментальных наблюдений академик Л.И. Шренк, плававший в 1853-1857 гг. по дальневосточным морям на военных судах. Он же сделал первое обобщение океанографических материалов, накопленных экспедициями и торговыми судами до 1854 года и тем самым «... подвел итог знаниям о природе восточных морей к середине XIX века и положил научную основу их дальнейшего изучения» [Леонов, 1960, с.190].

Следующим важным шагом в изучении режима дальневосточных морей явились океанографические экспедиции С.О. Макарова на корвете "Витязь" в 1887-1889 гг. и его капитальный труд "Витязь" и Тихий океан". В своей книге С.О. Макаров обобщает сведения о первых глубоководных наблюдениях над температурой и удельным весом воды, начатых в 70-х годах XIX века, развивает и уточняет выводы, полученные Л.И. Шренком, впервые приводит карты распределения температуры и удельного веса воды на поверхности в Охотском и Японском морях, указывает границы распределения льдов, отмечает наличие холодного промежуточного слоя в Охотском море, показывает характер водообмена Японского и Охотского морей через пролив Лаперуза [Макаров, 1950].

Впоследствии К.В. Морошкин [Морошкин, 1963], проводивший детальный анализ исторических материалов, пришел к выводу, что данные глубоководных наблюдений, выполненные до 1887 года, не следует использовать при анализе ввиду их недостаточной сравнимости. В связи с этим принято считать, что современная история глубоководных наблюдений на дальневосточных морях начинается с экспедиций первого "Витязя" под командованием адмирала С.О. Макарова.

Японские океанографы начали интенсивное изучение Охотского и Японского морей с 1915 года. В летний период 1915-1917 гг. они выполнили обширную программу наблюдений, в рамках которой впервые проводились и определения содержания растворенного кислорода в морской воде [Marukawa, 1918].

Следующий активный этап изучения дальневосточных морей относится к 30-м годам нашего столетия. В 1930 году под руководством военного гидрографа Б.В. Давыдова выполняется гидрологический разрез с 11-ю глубоководными станциями в Охотском море между заливом Чайво и мысом Лопатка на Камчатке. В 1932-1934 гг. профессорами К.М. Дерюгиным и П.В. Ушаковым закладывается начало комплексных гидрологических и гидрохимических исследований в ряде крупных океанографических экспедиций, организованных Тихоокеанским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) совместно с Государственным гидрологическим институтом (ГГИ). В дальнейшем эти работы были продолжены ТИНРО в 1937-1939 гг.

Результаты проведенных исследований позволили получить общую схему течений и выявить основные черты термического режима дальневосточных морей. В частности, был объяснен механизм формирования холодного промежуточного слоя в Охотском море.

Современный этап изучения дальневосточных морей начался в послевоенные годы с работы в 1947-1949 гг. в южной части Охотского моря Курило-Камчатской экспедиции Зоологического института АН СССР и ТИНРО под руководством профессора Г.У. Линдберга. С 1949 года на дальневосточных морях начинает работать комплексная океанографическая экспедиция Института океанологии АН СССР на новом экспедиционном судне "Витязь" под руководством академика Л.А. Зенкевича. За период 1949-1957 гг. "Витязь" выполнил 23 рейса, восемь из которых были полностью посвящены изучению Охотского моря. Материалы этих экспедиций явились основой первых отечественных обобщений и монографий [Бруевич, 1956; Бруевич и др., 1960; Зенкевич, 1963; Истошин, 1959; Климатический..., 1955; Леонов, 1960; Морошкин, 1964; Морошкин, 1966; Основные..., 1961; Удинцев, 1957; Ушаков, 1953].

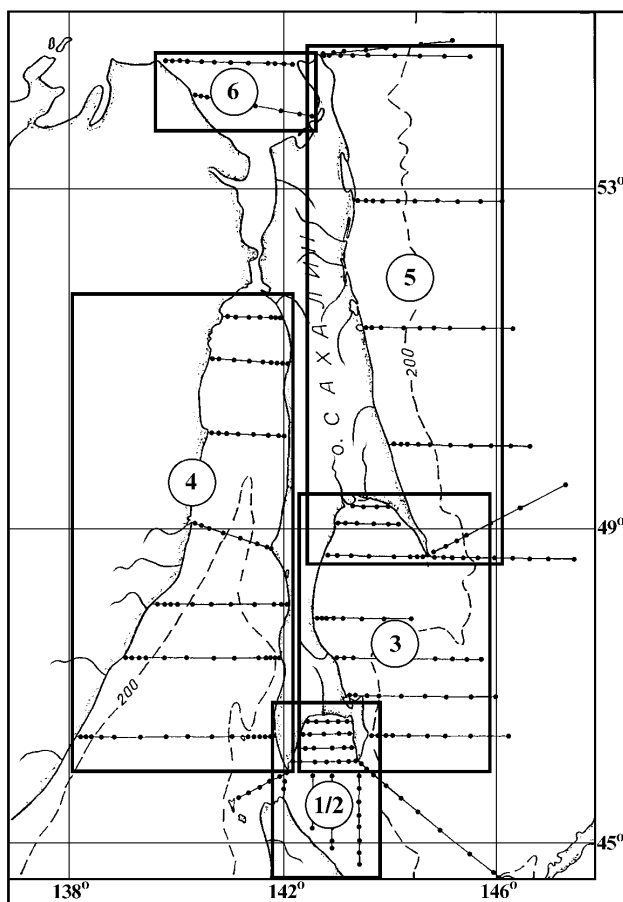


Рисунок 14. Схема гидрологических разрезов и районирования сахалинского шельфа

Здесь необходимо заметить, что все эти рейсы были ориентированы на изучение режима дальневосточных морей в целом, поэтому сахалинский шельф охва-

тывался исследованиями лишь фрагментарно. Согласно оценкам, сделанным в работах [Морошкин, 1963; Пищальник, Климов, 1991], доля исторических наблюдений, выполненных непосредственно в шельфовой зоне острова Сахалин до 1947 г., невелика и относительно современного объема информации в этом районе составляет около 3%.

Планомерное исследование гидрологического режима сахалинского шельфа началось с организации в 1946 году Сахалино-Курильского управления гидрометеослужбы (ныне СахУГМС). Объединив свои усилия с Сахалинским отделением ТИНРО (ныне СахНИРО), они уже в 1948 году в заливе Анива организовали выполнение съемок по детальной схеме разрезов, а с 1950 года исследованиями охватили весь шельф острова.

Разработанная в то время схема стандартных гидрологических разрезов (рисунок 14) явилась достаточно удачной структурной основой для систематизации сбора океанографической информации, которая с небольшими изменениями сохранилась до наших дней. Разрезы полностью перекрывают Татарский пролив на западе и охватывают 100-мильную зону к востоку от острова. Всего же на 33 разрезах расположено около 300 глубоководных станций.

Перечисленные выше организации были и останутся в настоящее время основными исполнителями гидрологических, гидрохимических и гидробиологических работ на этой стандартной схеме разрезов. Кроме них, существенный вклад в изучение шельфовой зоны острова Сахалин внесли: ТИНРО, Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ДВНИГМИ), Тихоокеанский океанологический институт Российской Академии наук (ТОИ ДВО РАН), Дальневосточная морская инженерно-геологическая экспедиция (ДМИГЭ), наиболее активно выполняющая океанографические работы в районе северо-восточного шельфа острова.

Более подробные сведения по истории исследования дальневосточных морей и прилегающей части Тихого океана можно найти в следующих литературных источниках [Баталин, 1968; Дерюгин, 1968; Зубов, 1954; Леонов, 1960; Макаров, 1950; Морошкин, 1963; Основные..., 1956; Рудовиц, 1954; Справочный..., 1984; Яричин, Моторыкина, 1987].

### ***Количественный и качественный состав океанографических наблюдений на охотоморском шельфе острова Сахалин***

Поскольку при анализе гидролого-гидрохимического режима вод шельфа крайне нецелесообразно было бы ограничиваться исследованиями только в его физических границах (от береговой черты до 200 м изобаты), то в дальнейшем под выражением "шельфовая зона острова Сахалин" мы будем понимать прилегающую к Сахалину акваторию в границах принятых районов (см. рисунок 14). Такой подход в дальнейшем позволит значительно повысить достоверность получаемых результатов.

Первоначально для оценки изученности вод сахалинского шельфа была выполнена каталогизация всей исходной информации более чем за вековой период, которая проводилась по следующей схеме:

1) сбор сведений о количественном и качественном составе глубоководных наблюдений отдельно в границах каждого района из опубликованных официальных справочных источников ("Морские гидрометеорологические ежегодники (ежемесячники)" и "Справочники государственного фонда данных о состоянии окружающей природной среды");

2) детальный анализ литературных источников, посвященных вопросам изученности [Гидрометеорологические..., 1981; Гидрометеорологические..., 1984; Морошкин, 1963; Основные..., 1961; Справочный..., 1984; Яричин, Моторькина, 1987], который позволил выявить пробелы, а в отдельных случаях и значительные расхождения в количественной и качественной оценке исходных данных;

3) инвентаризация фондовых материалов в организациях, выполнявших гидрологические работы на дальневосточных морях. Это дало возможность зафиксировать физическое наличие первоисточников, исправить недочеты второго этапа и получить дополнительные сведения о неучтенных ранее данных.

Учету подлежали все глубоководные станции, на которых производились наблюдения за одним или несколькими элементами на стандартных океанографических горизонтах [Руководство..., 1977]. При этом многосуточные серии учитывались как одна станция в сутки, а исследования на микрополигонах - как три-четыре станции по его углам, вне зависимости от количества станций внутри.

Для детализации количественного и качественного состава информации учет ее проводился по районам (см. рисунок 14). В основу деления районов были заложены следующие критерии:

1) исторически сложившиеся традиции временного исполнения океанографических съемок в определенных географических районах шельфа;

2) степень изученности отдельных районов шельфа, а следовательно, и разная достоверность результатов расчета режимных характеристик;

3) наличие ярко выраженных характерных особенностей гидролого-гидрохимического режима в отдельных районах.

Результатом проделанной работы явился "Каталог глубоководных наблюдений, выполненных в шельфовой зоне острова Сахалин за период 1948-1987 гг.", изданный в 1991 году [Пищальник, Климов, 1991]. В каталог не вошли сведения о 1,5 тыс. исторических наблюдений, выполненных до 1948 г.; о 3,3 тыс. станций, выполненных судами ТИНРО и ГС ТОФ (из-за невозможности детализации полученного материала и проведения инвентаризации) и о 2,5 тыс. наблюдений, выполненных иностранными экспедициями (по причине невозможности проведения инвентаризации). Вся эта неучтенная информация включала в себя преимущественно наблюдения за температурой и реже - за соленостью морских вод.

В настоящей работе сведения указанного каталога были дополнены данными по 1996 год включительно (таблица 1). Таким образом, всего в шельфовой зоне острова Сахалин в послевоенный период было каталогизировано 44778 глубоководных океанографических станций. Из них 18758 станций были выполнены в зоне охотоморского шельфа. Если к этому числу добавить неучтенные ранее сведения, приведенные в работе [Пищальник, Климов, 1991], то тогда за весь исторический период наблюдений в районе охотоморского шельфа, мы полагаем, выполнено порядка 26 тыс. станций, что составляет около половины всех гидро-

логических наблюдений для Охотского моря в целом [Гидрометеорология..., 1993].

Таблица 1. Количественный и качественный состав глубоководных наблюдений в шельфовой зоне острова Сахалин за период 1948-1996 гг.

Район/Параметр	Т°С	S <sup>0</sup> /∞	O <sub>2</sub>	pH	Alk
Залив Анива	7106	4844	1985	1947	1448
Пролив Лаперуза	2818	2345	998	785	427
Залив Терпения	7824	6052	2995	2766	1963
Сев.-вост. шельф	4394	4364	1979	1864	928
Сахалинский зал.	370	257	124	119	95
Татарский пролив	22266	15571	5958	5877	3921
Всего	44778	33433	14039	13358	8782
Район/Параметр	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	SiO <sub>3</sub>	НУ *)	Фенолы
Зал. Анива	1479	1503	1583	1399	1375
Пролив Лаперуза	311	337	357	328	298
Залив Терпения	1465	1355	1583	1340	1324
Сев.-вост. шельф	794	847	862	594	571
Сахалинский зал.	89	82	88	166	166
Татарский пролив	2892	2903	2954	2365	2325
Всего	7030	7027	7427	6192	6059

\*) нефтяные углеводороды

В историческом плане качественный состав океанографической информации первоначально формировался из наблюдений за температурой и соленостью (или удельным весом) морской воды. Первые регулярные наблюдения за гидрохимическими параметрами среды на сахалинском шельфе стали производиться в конце 50-х годов (растворенный в воде кислород и pH). Определение общей щелочности было начато в 1962 г., биогенных веществ и химического загрязнения вод - в 1975 г. (на рейдах портов с конца 60-х годов). Этими факторами объясняются существенные различия объемов наблюдений по отдельным элементам.

Если количество измерений температуры воды принять за 100%, то относительно каталогизированной информации объем наблюдений за соленостью от температуры по районам в среднем составит около 75%, растворенным в воде кислородом и водородным показателем - около 20%, общей щелочностью - 10%, биогенными веществами и химическим загрязнением вод - около 5%. Естественно, что если пересчитать эти соотношения относительно всего объема данных за вековой период, то они изменятся в сторону уменьшения.

Во временном масштабе достаточно равномерное накопление информации происходило только в проливах Лаперуза и Татарском. В заливах Анива и Терпения информационный пик приходился на первое десятилетие их интенсивного изучения, а на северо-восточном шельфе, наоборот, более 50% данных собрано в

80-е годы, что обусловлено проведением интенсивных исследований в связи с перспективой разработки морских нефтегазовых месторождений.

В плане внутригодовой изученности наибольшая повторяемость наблюдений в южных районах шельфа приходится на май, в северных - на июль.

По выделенным районам накопленная информация распределена следующим образом: в заливе Анива 15 %, в проливе Лаперуза 7 %, в заливе Терпения 17 %, на северо-восточном шельфе острова 9 %, в Татарском проливе 51 % и в Сахалинском заливе менее 1%.

Изученность хорошо характеризуется плотностью океанографической информации - отношением количества глубоководных станций к 1000 кв.км площади акватории. В заливе Анива относительно каталогизированных данных о температуре воды (что соответствует количеству станций) этот показатель равен 967. В заливе Терпения он на порядок меньше - 109. В Татарском проливе и в проливе Лаперуза на 1000 кв.км площади приходится соответственно 223 и 165, а в Сахалинском заливе и на северо-восточном шельфе острова - соответственно по 30 и 35 глубоководных станции. Отсюда следует, что в настоящее время самым малоизученным остается сложнейший район смешения морских и речных вод в Сахалинском заливе и на Восточном Сахалине, оказывающий существенное влияние на формирование гидролого-гидрохимического режима большей части охотоморского шельфа острова.

Сравнительный анализ данных, каталогизированных в работе [Пищальник, Климов, 1991], и сведений о количественном и качественном составе наблюдений в Охотском море, приведенных в различного рода справочных пособиях, провести крайне затруднительно, поскольку границы районов учета данных, как правило, не совпадают. К тому же зачастую не совпадает и временной интервал. В качестве примера проанализируем сведения, приведенные в одной из последних работ [Гидрометеорология..., 1993]. По данным В.А. Лучина, на акватории Охотского моря с 1930 по 1988 год общее количество станций, выполненных в 867 экспедиционных рейсах, составляет 51 607. Это общее количество глубоководных наблюдений за температурой воды. Соотношение гидрологических и гидрохимических параметров здесь имеет практически тот же порядок, что и в каталогизированной информации (таблица 2).

Таблица 2. Количество глубоководных океанографических станций в Охотском море с определением гидрохимических элементов за период с 1930 по 1988 гг. по В.А. Лучину [Гидрометеорология..., 1993]

Горизонт, м	O <sub>2</sub>	PH	Alk	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	SiO <sub>3</sub>
0	9236	6459	2923	1479	1637	2239
100	6362	3695	1300	1145	934	1337
500	2370	1451	304	420	362	537

Обращает на себя внимание резкое уменьшение количества наблюдений с глубиной, что вполне объяснимо, т.к. большое количество съемок (особенно в 50-е годы) выполнялось обычно до глубины 200 м. Приблизительно такой же порядок соотношения данных на разных горизонтах проявляется и в каталогизированной информации для сахалинского шельфа. Так, для глубоководных станций в сред-



нем по всем районам обеспеченность наблюдений на горизонтах 300, 400 м на 40%, а на 500 м на 60% ниже, чем на поверхности. Для гидрохимических данных это соотношение значительно лучше и составляет всего 10 - 20% (это объясняется тем, что наблюдения за гидрохимическими параметрами начали проводиться в более позднее время, а значит, и с наиболее оснащенных специальных исследовательских судов, которые работают, как правило, до 1500 м).

За период с 1988 по 1993 год количество океанографических данных на охотоморском шельфе Сахалина увеличилось в среднем на 10 %. Принимая во внимание тот факт, что количество информации с 1930 до 1948 гг. крайне ничтожно, по отношению к современной, то распространяя полученный коэффициент прироста информации на Охотское море в целом, несложно подсчитать, что более половины данных по гидрологии и около 75 % данных по гидрохимии, полученных на всей акватории Охотского моря, сосредоточено в шельфовой зоне острова Сахалин.

#### 1.4. Современное состояние организации сбора информации по химическому загрязнению морских вод

##### *Общие понятия, классификация и принципы организации мониторинговых исследований*

В настоящее время слово «мониторинг» употребляется достаточно часто, но нередко в него вкладывают совершенно не тот смысл, который был изначально заложен в это понятие. Поэтому представляется целесообразным осветить некоторые аспекты мониторинга загрязнения вод в их классическом представлении.

Впервые понятие мониторинга было сформулировано в 1972 году перед Стокгольмской конференцией ООН по окружающей среде. Тогда, после обсуждения этого вопроса на конференции, определение мониторинга было принято в следующей редакции: под мониторингом понимается система повторных наблюдений одного и более элементов окружающей природной среды в пространстве и во времени с определенными целями в соответствии с заранее подготовленной программой [Март, 1973].

В дальнейшем концепция мониторинга получила развитие в работах ряда авторов [Израэль, 1974; Труды 1 ..., 1977; Труды ..., 1980] и к концу 70-х годов уже была принята современная трактовка мониторинга как системы наблюдений, позволяющей выделить изменения биосферы под влиянием человеческой деятельности [Израэль, 1980].

Как следует из самого определения, мониторинг - это не принципиально новая система. Эта система базируется на предшествующих и современных наблюдениях всех типов. Сущность мониторинга сводится к следующей логической схеме: наблюдения (контроль), оценка (анализ) и прогноз. Вместе с тем, мониторинг не включает в себя управление качеством среды, так как это вопрос совершенно другой организации.

В целом же организация мониторинга представляется исключительно сложной, комплексной и многоплановой задачей. Для примера можно привести клас-

сификацию подходов к созданию многоцелевого мониторинга, которую предлагает Ю.А. Израэль [1980].

I. По наблюдениям за реакцией составляющих биосферы:

- 1) биологический (отклик живой составляющей биосферы);
- 2) геофизический (отклик неживой составляющей биосферы).

II. По факторам и объектам воздействия:

- 1) ингредиентный мониторинг;
- 2) мониторинг в различных средах;
- 3) мониторинг источников загрязнения;
- 4) мониторинг объектов воздействия.

III. По масштабам воздействия:

- 1) региональный, глобальный (пространственные масштабы);
- 2) исторический, современный и будущий (временные масштабы);
- 3) биологический (масштабы биологического характера).

IV. По методам наблюдений:

- 1) по химическим показателям;
- 2) по физическим показателям;
- 3) по биологическим показателям.

V. По другим признакам:

- 1) специальные интересы (национальные и т.д.).

Подсистемой мониторинга биосферы является экологический мониторинг, который включает в себя наблюдения, оценку и прогноз антропогенных изменений состояния абиотической составляющей биосферы и ответной реакции экосистем.

В понятие мониторинга загрязнения вод морей и океанов входит система наблюдений за загрязнением вод, донных отложений и поверхности Мирового океана, которая позволяет выделять изменения в состоянии океанской среды, происшедшие под влиянием антропогенной деятельности. В этом отношении он имеет подчиненное значение в системе мониторинга окружающей природной среды в целом.

В океанографическом плане основная цель в решении проблемы загрязнения вод Мирового океана заключается в разработке обоснованных предложений по сокращению сбросов отходов в океанскую среду в такой мере, чтобы процессы естественной утилизации загрязняющих веществ (ЗВ) постоянно превалировали над процессами загрязнения и приводили к устранению нарушений или возможностей нарушений в экологических системах Мирового океана и Земли в целом [Симонов, 1979].

По А.И. Симонову эта цель может быть достигнута путем решения следующих задач:

- наблюдение за динамикой уровней загрязнения вод, их обобщение и определение сложившихся тенденций;
- прогноз динамики уровней загрязнения морских вод и тенденций в их изменении;
- разработка предложений по предотвращению сбросов ЗВ в океанскую среду.

Все это подводит к основным принципам организации мониторинга:

- принцип комплексности производства химических наблюдений (вода, взвесь, грунт, атмосфера) с сопутствующими гидрометнаблюдениями, которые во многом определяют эволюцию ЗВ;
- принцип прослеживания динамики загрязнений путем проведения долгопериодных систематических наблюдений за фоновыми (ультрамалыми) концентрациями ЗВ в наиболее удаленных от источников поступления районах;
- принцип прослеживания переноса ЗВ посредством организации на океанских разрезах в основных циркуляционных системах (это позволит подойти к изучению долгопериодной пространственно-временной изменчивости условий среды, включая загрязнение);
- принцип сопряженности мониторинга химических загрязнений Мирового океана как подсистемы мониторинга окружающей среды с мониторингом влияния загрязнений на морские живые организмы (биоту).

### ***Организация мониторинга загрязнения морских вод на федеральном уровне***

Систематические наблюдения за загрязнением морей России стали разворачиваться в середине 60-х годов. В зоне сахалинского шельфа первая серия таких наблюдений была выполнена силами Сахалингидромета на рейдах портов в 1967 году. Через несколько лет в полной мере очевидной стала необходимость создания единой общегосударственной службы контроля состояния среды (ОГСНК), которая была организована и введена в действие к середине 70-х годов [Симонов и др., 1983].

Система наблюдений и контроля за уровнем загрязнения морей РФ (СКЗМ) является составной частью ОГСНК. Основная цель СКЗМ заключается в обеспечении информацией о состоянии загрязнения морской среды административных, государственных органов контроля и народнохозяйственных организаций, используемой ими для планирования и осуществления мероприятий по охране и рациональному использованию морских водных объектов.

По характеру получения информацию подразделяют на штормовую, режимную и эпизодическую.

**Штормовая** - информация о резких повышениях уровня загрязнения в отдельных районах.

**Режимная** - систематическая информация о состоянии загрязнения морей с различной временной дискретностью (от одного раза в декаду до двух раз в год).

**Эпизодическая** - информация о загрязнении отдельных районов морей, осуществляемая по запросам.

Общим требованием, предъявляемым к расположению станций ОГСНК, служит их репрезентативность для характеристики района. Чтобы проследить загрязнение морской среды на различных уровнях интенсивности, станции наблюдений разделяют на три категории.

Станции категории I располагаются в локальных районах, постоянно подверженных интенсивному загрязнению, и в районах, имеющих большое культурно-оздоровительное или рыбохозяйственное значение. Они предназначены для опе-

ративного контроля за состоянием загрязнения района, поэтому наблюдения на них производятся ежедекадно.

Станции категории II охватывают сравнительно большие акватории морей (рыбопромысловые районы, трассы интенсивного судоходства, другие районы, куда могут распространяться загрязненные сточные воды). Эти станции предназначены для получения как режимной, так и штормовой информации. Наблюдения на них производятся один раз в два месяца.

Станции категории III располагаются обычно в открытых, сравнительно чистых районах моря и предназначены для получения режимной информации об уровнях загрязнения морской среды. Наблюдения на этих станциях производятся 2-4 раза в год (в зависимости от суровости ледовых условий) [Симонов и др., 1983].

Важно отметить, что химический анализ проб воды и донных отложений производится по единым, утвержденным Роскомгидрометом методикам, разработанным в Государственном океанографическом институте (ГОИН) [Руководство ..., 1977; Руководство ..., 1993; Методические ..., 1979; Методические ..., 1982].

Морские управления системы Роскомгидромета публикуют в бюллетенях все гидрометеорологические и гидрохимические данные, полученные ими по программе СКЗМ, а затем обобщают их в виде ежегодников. На основании указанных материалов ГОИН составляет с 1966 года Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям, в котором для каждого моря выполняется анализ причин создавшегося состояния, приводится оценка тенденции изменения уровня загрязнения за ряд лет и дается сравнительная характеристика степени загрязнения морей, омывающих берега России.

Переход на новую систему хозяйствования, резкое сокращение бюджетного финансирования повлекли за собой сокращение, а порой и полное прекращение в отдельных регионах работ по системе ОГСНК. В последнее время заметно прогрессирует процесс старения и распада специализированного флота. В борьбе за выживание морские управления Росгидромета перепрофилируют научно-исследовательские суда и используют их не по своему назначению.

Во избежание потери контроля над экологической ситуацией правительство Российской Федерации по предложению Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов 24 ноября 1993 года приняло постановление № 1229 о создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), где распределены функции в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти и предложено разработать проект федеральной целевой программы «Создание Единой государственной системы экологического мониторинга» с учетом работ по государственной программе «Экологическая безопасность России».

В рамках указанного постановления Роскомрыболовству поручено осуществление мониторинга гидробионтов, водных животных и растений. В последующих документах особо подчеркивается, что одной из главных задач экологического мониторинга является получение полной, достоверной и сопоставимой информации.

## **Мониторинг химических загрязнений вод дальневосточных морей**

До недавнего времени наиболее мощной системой, осуществляющей мониторинг химических загрязнений вод дальневосточных морей, были региональные морские управления Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет, бывший Госкомгидромет). В рамках этой системы акватории Японского, Охотского и Берингова морей поделены между Приморским, Сахалинским, Магаданским и Камчатским управлениями на зоны ответственности, в которых они проводят оперативное обслуживание народнохозяйственных организаций, а также выполняют сбор режимной и специализированной информации. В зону обслуживания сахалинского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СахУГМС) входит южная часть Охотского моря (к югу от 55° с.ш.), включая зону Курильских островов, и северная часть Японского моря (к северу от 45° с.ш.).

Система Росгидромета должна функционировать за счет средств госбюджета России и предоставлять свои услуги пользователям бесплатно. Однако в условиях перехода к рынку из-за недостаточного бюджетного финансирования управления стремятся реализовать свою продукцию по достаточно высоким ценам, что уже привело к значительному сокращению числа пользователей и соответственно к сокращению самой информационной базы, которая ранее в значительной мере пополнялась за счет безвозмездной передачи гидрометеорологических данных в Гидрометфонд различными ведомствами, выполняющими работы гидрометеорологического характера в зоне действия управлений.

В конечном счете качество и эффективность работы этой системы за последние годы значительно снизились. Идет невосполнимая деградация основных составляющих системы (например, резкое уменьшение количества морских наблюдений, прерывание долговременных рядов в результате закрытия станций или сокращения видов наблюдений и т.д.). В целом состояние системы в настоящее время можно охарактеризовать как кризисное.

Другой большой системой, осуществляющей мониторинговые исследования на данной территории, являются региональные подразделения Комитета Российской Федерации по рыболовству (Роскомрыболовство): Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (г. Владивосток) и его филиалы Сахалинский, Магаданский и Камчатский, которые проводят углубленные исследования морской среды каждый в своей зоне, практически находящихся в границах соответствующих зон Росгидромета. Финансирование этих подразделений идет как за счет госбюджета, так и за счет народнохозяйственных структур на договорной основе.

Третьей организацией, имеющей значительный научно-исследовательский флот и обслуживающей Дальневосточный регион, является Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН. Институт проводит фундаментальные исследования на высоком научном уровне, финансируется за счет средств госбюджета и по договорам. В настоящее время также испытывает значительные финансовые затруднения.

Остальные организации, выполняющие специализированные гидрометеорологические и экологические исследования работают в основном, на областных уровнях и решают достаточно узкоспециализированные задачи.

### *Мониторинг химических загрязнений вод сахалинского шельфа*

По состоянию на начало 90-х годов, в зоне сахалинского шельфа мониторинговые наблюдения за состоянием морской среды и химическим загрязнением вод на систематической основе проводили следующие организации:

- СахУГМС;
- СахТИНРО;
- ГП ДВМИГЭ.

Эпизодические наблюдения для решения оперативных и прикладных задач выполняли:

- ДВНИГМИ;
- ВНИРО;
- ТИНРО;
- ТУРНИФ;
- СахалинНИПИморнефть;
- ДВГУ;
- ДальморНИИпроект;
- ГС ТОФ.

В последние годы объемы работ отдельных организаций, а соответственно и объемы получаемой информации, зачастую значительно превышают системные исследования Росгидромета. Результаты их, как правило, закрыты для сторонних пользователей, а после запрета Росгидромета на бесплатное пользование информационными источниками Государственного фонда гидрометданных, они не поступают и в этот фонд. Планирование океанологических работ в шельфовой зоне осуществляется строго по ведомственному принципу. Какая-либо координация отсутствует. Нередко наблюдается частичное или полное дублирование работ, что приводит их к многократному удорожанию.

Баланс загрязняющих веществ, поступающих в реки и моря от промышленных источников, составляется в рамках Комитета по экологии и рациональному использованию природных ресурсов. С этой целью в лабораторию Комитета по экологии (бывшая Территориальная гидрохимическая лаборатория) ежемесячно стекается информация с предприятий и организаций, производящих сброс сточных вод. Кроме того, сама лаборатория производит контрольный отбор проб по определенной системе.

Основными недостатками такого контроля являются:

- методическая и ведомственная разобщенность;
- недостаточная приборная оснащенность лабораторий;
- ведомственный контроль достоверности полученных результатов.

Ниже приводится краткий перечень систематических морских наблюдений, осуществляемых различными ведомствами.

СахУГМС выполняет наблюдения:

- на сети прибрежных гидрометеорологических станций (ГМС) за волнением, температурой, уровнем моря, ледовой обстановкой (рисунок 15). Станции II категории системы ОГСНК имеются на акваториях ГМС Александровск и Стародубское (по одной прибрежной на каждой). К сожалению, прерван более чем двадцатилетний ряд прибрежных наблюдений в районе порта Корсаков;

- судовые наблюдения по системе ОГСНК в зоне сахалинского шельфа и на рейдах портов. В настоящее время (с 1984 года) система включает в себя 116 станций III категории. Из них в Татарском проливе находится 48 станций.

СахТИНРО проводит наблюдения:

- стандартные гидрологические, гидрохимические и наблюдения за химическим загрязнением морских вод с судов как на станциях ОГСНК, так и в других районах (нерестилища, места нагула рыб и т.д.);

- преимущественно гидрологические съемки в районах рыбного промысла, где осуществляется широкий спектр гидробиологических исследований;

- с 1992 года на стационарных экологических полигонах гидрологические, гидрохимические, гидробиологические исследования и наблюдения за химическим загрязнением морских вод.

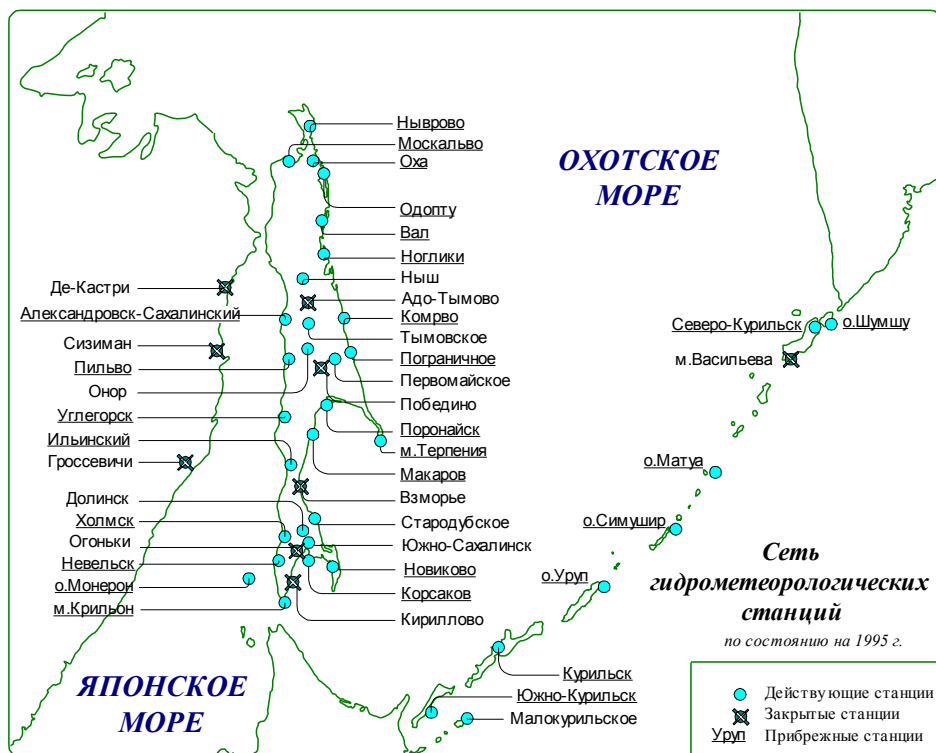


Рисунок 15. Сеть гидрометеорологических станций СахУГМС. Прибрежные станции на рисунке выделены подчеркиванием их названия

ГП ДВМИГЭ проводит наблюдения для решения конкретных прикладных задач на договорной основе:

- на ведомственном гидрометпосту Набиль за уровнем моря;
- в ледовый сезон радиолокационные наблюдения за дрейфом льда (м. Левенштерна, Одопту, Комрво);
- за состоянием ледяного покрова в районе северо-восточного шельфа острова Сахалин с помощью авиаразведки и вертолетных десантов;
- стандартные гидрологические, гидрохимические и наблюдения за химическим загрязнением морских вод с судов. Измерения течений.
- стандартные гидрологические, гидрохимические и наблюдения за химическим загрязнением морских вод на плавучих буровых установках (ПБУ), наблюдения за течениями и уровнем моря.

Эпизодические наблюдения для решения оперативных и прикладных задач производят:

СахалинНИПИморнефть - морфометрические характеристики ледовых образований для оценки воздействия на проектируемые гидротехнические сооружения.

ДВГУ - морфология берегов, гидрологические работы в заливах и озерах.

ДВНИГМИ - стандартные гидрологические, гидрохимические и наблюдения за химическим загрязнением морских вод. Измерения течений.

ТУРНИФ - преимущественно гидрологические съемки в районах рыбного промысла. Широкий спектр гидробиологических исследований.

ДальморНИИпроект - наблюдения за течениями, волнением, ледовой обстановкой, уровнем моря в прибрежной зоне для целей проектирования гидротехнических сооружений (порты, причалы и т.д.).

ГС ТОФ - гидрологические наблюдения, измерения течений.

### 1.5. Мониторинг состояния окружающей среды, проводимый Сахалинским территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

С момента создания в СССР в 1972 году Общегосударственной службы наблюдений и контроля за уровнем загрязнения внешней среды (ОГСНК) за подразделениями Сахалинского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Сахалингидромет) была закреплена обязанность проведения наблюдений за уровнем загрязнения окружающей среды и обеспечения органов государственной власти и населения информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии загрязнения атмосферного воздуха, вод поверхностных водоемов и прилегающих акваторий Японского и Охотского морей. В настоящее время эту функцию в структуре Сахалингидромета в объеме утвержденной программы обязан выполнять Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС).

Согласно программе, наблюдения за состоянием загрязнения атмосферы в Сахалинском УГМС в объеме, показанном ниже (таблица 3), ведутся более 20 лет, а в Южно-Сахалинске и Александровске - более 25 лет. За это время накоплен достаточный ряд, чтобы можно судить о надежности информации.



Все виды пробоотборных и аналитических работ строго регламентируются единым руководящим документом - "Руководством по контролю загрязнения атмосферы" [Руководство по контролю загрязнения атмосферы, 1991]. Анализы на сети выполняются по единым методикам. Для контроля качества аналитических работ проводятся внутрिलाбораторный и внешний контроль, инспекции курирующими организациями Росгидромета.

Для отбора проб воздуха на всех постах наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ) установлены комплексные лаборатории типа "Пост-1" или "Пост-2", оснащенные пробоотборным оборудованием: аспираторами, газовыми счетчиками, ротаметрами, воздуходувками, автоматическими пробоотборниками "Компонент". Все это оборудование проверяется и калибруется в соответствии с методическими указаниями.

В зависимости от программы наблюдений отбор проб производится ежедневно 4 раза (в 01, 07, 13, 19 часов местного декретного времени) - по полной программе (П) или 3 раза (в 07, 13, 19 ч.) - по неполной программе (НП). Как правило, по полной программе работают посты, расположенные вблизи метеостанций, или посты, оснащенные автоматическими пробоотборниками "Компонент".

Лаборатории анализа проб воздуха работают в городах Александровск, Корсаков, Оха, Поронайск и Южно-Сахалинск. Перечень анализов, выполняемых лабораториями, представлен ниже (таблица 3).

### ***Методы анализов и нормы точности измерений***

Взвешенные вещества - метод определения гравиметрический, отбор проб среднесуточный на фильтры ФПП-15. Суммарная погрешность метода в диапазоне 0.04-4.2 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 25\%$ .

Диоксид серы - отбор проб на пленочный сорбент, метод формальдегидно-парарозанилиновый, определение фотометрическое. Суммарная погрешность в диапазоне 0.05-1.00 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 12\%$ .

Оксид углерода - отбор проб в резиновые камеры, определение оксида углерода с помощью газоанализатора "Палладий", метод потенциостатической амперометрии. Абсолютная погрешность в диапазоне 0-40 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 10\%$ . Газоанализатор ГМК-3 - метод измерения оптико-акустический, погрешность та же.

Диоксид азота - отбор проб на пленочный сорбент, фотометрическое определение нитрат-иона по азокрасителю. Суммарная погрешность в диапазоне 0.02-1.40 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 18\%$ .

Оксид азота - отбор проб на пленочный сорбент последовательно через колонки схемоокислителя и стабилизатора влажности. Суммарная погрешность в диапазоне 0.02-0.94 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 25\%$ .

Растворимые сульфаты - отбор проб на фильтр ФПП-15, метод турбидиметрический, определение фотометрическое. Суммарная погрешность в диапазоне 0.005-3.00 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 25\%$ .

Сероводород - отбор проб на пленочный сорбент, фотометрическое определение метиленовой сини. Суммарная погрешность в диапазоне 0.003-0.075 мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 25\%$  (0.95).

Сажа - отбор проб на мембранный фильтр, метод полуколичественный - сравнение степени почернения фильтра со стандартной шкалой, приготовленной на суспензии чистой сажи.

Метилмеркаптан - отбор проб среднесуточный на пленочный сорбент, фотометрическое определение результата взаимодействия метилмеркаптана с диметил-п-фенилендиамином в кислой среде. Суммарная погрешность в диапазоне  $1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-2}$  мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 25\%$ .

3,4 Бенз(а)пирен - отбор на фильтры ФПП-15 с отправкой в централизованную лабораторию Пермского ЦМС. Определение с помощью дифракционного спектрометра. Суммарная погрешность в диапазоне  $1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-2}$  мг/м<sup>3</sup> не превышает  $\pm 15\%$  (0.95).

Металлы: ванадий, железо, марганец, медь, никель, свинец, хром, цинк - отбор проб на фильтры ФПП-15 с отправкой в централизованную лабораторию НПО "Тайфун" (г.Обнинск). Метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Суммарная погрешность в диапазонах 0.06-1.5 мкг/м<sup>3</sup> для свинца и 0.01-1.5 мкг/м<sup>3</sup> для остальных металлов не превышает  $\pm 15\%$  (0.95).

### ***Программа наблюдений за загрязненностью морских вод***

Наблюдения за химическим загрязнением морских вод в Охотском море и Татарском проливе были начаты Сахалингидрометом в 1966 году. К этому времени была создана сеть станций ОГСН, охватывающая практически всю прибрежную часть о.Сахалин. В 1984 году эта сеть станций была скорректирована и уточнена. В настоящее время наблюдения за химическим загрязнением морских вод, по программе ОГСН, проводятся в 7 районах Японского и 11 районах Охотского морей, на 130 гидрохимических станциях, из которых 5 станций II категории и 115 станций III категории.

На станциях ОГСН выполняется стандартный комплекс наблюдений за гидрологическими, гидрохимическими и загрязняющими параметрами. Наблюдения за содержанием в морской воде протолигнина, сульфатов, органического азота и органического фосфора проводятся эпизодически.

Отбор и анализ проб морской воды и донных отложений выполняется строго в соответствии с "Руководством по методам химического анализа морских вод" [Руководство по химическому анализу морских вод, 1991; Руководство по методам химического анализа морских вод, 1993]. Полностью программа и частота наблюдений, параметры и точность методов анализов представлены в таблицах (таблица 4, таблица 5, таблица 6).

### ***Программа наблюдений за загрязненностью поверхностных вод суши***

Наблюдения за гидрохимическим режимом и загрязненностью поверхностных вод о. Сахалин ведутся в течение 20 лет, а по некоторым рекам, как Черная, Суся, Найба, Лютога, Тымь, Малая Александровка, более 25 лет. За это время накоплен достаточный ряд информации, чтобы можно судить о ее достоверности.

В настоящее время сеть наблюдений за качеством поверхностных вод состоит из 48 пунктов, 61 створа, расположенных на 41 реке.

Все виды работ по отбору проб и химическому анализу речной воды проводятся по единым руководящим документам: «Руководство по химическому анализу поверхностных вод» [Руководство ..., 1993] и «Методические указания Гидрохимического института Росгидромета».

В зависимости от степени загрязненности и хозяйственного значения водных объектов все пункты наблюдения за качеством речных вод разделены на 4 категории. Пробы отбираются с учетом категории пункта:

- 1-я категория - пункты наблюдения отсутствуют;
- 2-я категория - еженедельно, ежемесячно и в основные гидрологические фазы;
- 3-я категория - ежемесячно и в основные гидрологические фазы;
- 4-я категория - в основные гидрологические фазы.

Наблюдения за гидрохимическими показателями на реках о.Сахалин осуществляются по трем программам:

- еженедельный отбор проб - сокращенная программа 1;
- ежемесячный отбор проб - сокращенная программа 3;
- фазовый отбор проб - обязательная программа.

Параметры гидрохимического режима рек о.Сахалин, периодичность и частота отбора проб и точность методов (предел обнаружения) представлены в таблицах (таблица 8, таблица 9).

### ***Аналитическая база (список лабораторий и выполняемые анализы)***

Наблюдения за загрязненностью атмосферного воздуха проводятся в лабораториях пяти городов Сахалинской области: в лаборатории мониторинга загрязнения атмосферного воздуха - г. Южно-Сахалинск (ЛЗМА); в комплексной гидрохимической лаборатории - г. Александровск-Сахалинский (КГЛ АГМО); в химической лаборатории гидрологической станции - г. Оха (ХЛ ГС Оха) и химической лаборатории аэрологической станции - г. Поронайск (ХЛ АС Поронайск), в химической лаборатории ГМБ - г. Корсаков (ХЛ ГМБ Корсаков).

Наблюдения за загрязненностью морских вод проводятся: в лаборатории мониторинга загрязнения морских вод - г. Южно-Сахалинск (ЛМЗМВ); в комплексной гидрохимической лаборатории - г. Александровск-Сахалинский (КГЛ АГМО); в лаборатории физико-химических методов анализа - г. Южно-Сахалинск (ЛФХМА).

Наблюдения за загрязненностью поверхностных вод суши: в лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод суши - г.Южно-Сахалинск (ЛМЗПВ); в комплексной гидрохимической лаборатории - г.Александровск - Сахалинский (КГЛ АГМО); в лаборатории физико-химических методов анализа (ЛФХМА); в химической лаборатории гидрологической станции - г.Оха (ХЛ ГС Оха); в химической лаборатории аэрологической станции - г. Поронайск (ХЛ АС Поронайск).

Перечень анализов, выполняемых в вышеперечисленных лабораториях, представлен в таблицах (таблица 3, таблица 4, таблица 7).

## Обзоры состояния окружающей среды по различным средам

### Краткий обзор качества воздуха на Сахалине

Большая часть территории о. Сахалин представляет собой горы и возвышенности, поэтому почти все города и поселки расположены в котловинах и долинах рек, большинство из которых вытянуты в меридиональном направлении. Характерной особенностью метеорологического режима долин являются застой воздуха, приземные и высотные инверсии, препятствующие рассеиванию примесей.

Застройка населенных пунктов велась нерационально, без учета условий, влияющих на загрязнение воздуха. Все предприятия - загрязнители атмосферы центральной и южной частей острова работают в основном на твердом топливе (уголь), сжигание которого без достаточного поддува воздуха приводит (особенно зимой) к повышению в атмосфере количества взвешенных веществ и сажи (копоти).

Средняя по территории концентрация взвешенных веществ составляет  $0.2 \text{ мг/м}^3$  (1.3 ПДК). В городах Оха и Южно-Сахалинск уровень запыленности вдвое выше ПДК -  $0.3 \text{ мг/м}^3$ , а в Корсакове средняя концентрация примеси -  $0.4 \text{ мг/м}^3$  (2.7 ПДК).

В Александровске и Поронайске средние содержания пыли значений ПДК не превышают.

Концентрация диоксида серы равна  $0.012 \text{ мг/м}^3$  и в среднем по территории области значений ПДК не превышает. Однако самое высокое на Сахалине загрязнение этой примесью наблюдается в г. Оха, где среднее содержание диоксида серы составляет  $0.034 \text{ мг/м}^3$ .

Оксид углерода в среднем по Сахалину держится на уровне ПДК -  $3 \text{ мг/м}^3$ , выше этого значения он на юге острова - в Корсакове и Южно-Сахалинске -  $4 \text{ мг/м}^3$  (1.3 ПДК).

Воздух городов острова значительно загрязнен диоксидом азота, средняя концентрация которого по территории превышает ПДК в 1,8 раза -  $0.07 \text{ мг/м}^3$ , в Охе - в 3,2 раза -  $0.13 \text{ мг/м}^3$ , в Южно-Сахалинске в 2,5 раза -  $0.10 \text{ мг/м}^3$ , а в п. Новоалександровск в 2,2 раза -  $0.09 \text{ мг/м}^3$ . Существенное влияние на содержание в атмосферном воздухе данной примеси оказывает возрастающее год от года количество автотранспорта на дорогах. Тенденция к возрастанию концентраций диоксидом азота впервые проявилась в 1991 году и с тех пор рост содержания примеси в воздухе городов Сахалина не прекращается.

Оксид азота определяется только в городах с населением выше 100 тыс. жителей, т.е. в Южно-Сахалинске, где средняя концентрация примеси чуть выше ПДК -  $0.07 \text{ мг/м}^3$  (1.2 ПДК).

Загрязнение воздуха городов Сахалина сероводородом невысоко -  $0.004 \text{ мг/м}^3$  в среднем по всей территории. Исключением является г. Оха, здесь средняя концентрация в 1,2 раза выше ПДК. Случаи превышения ПДК по сероводороду в среднем за год наблюдаются в 42%.

Вдвое выше значений ПДК средняя по Сахалину концентрация сажи -  $0.10 \text{ мг/м}^3$ , в Южно-Сахалинске содержание сажи в воздухе составляет  $0.14 \text{ мг/м}^3$  (2.8 ПДК), в Корсакове -  $0.16 \text{ мг/м}^3$  (3.2 ПДК), в Александровске -  $0.10 \text{ мг/м}^3$  (2

ПДК) и только в Поронайске средняя концентрация по саже ниже ПДК - 0.04 мг/м<sup>3</sup>.

Экстремальным является загрязнение воздуха г. Южно-Сахалинска 3,4 бенз(а)пиреном. Его определение, начатое в 1987 году, показало, что за 10-летний период средняя концентрация данной примеси не была ниже 6 ПДК, но гораздо чаще превышала ПДК в 9-12 раз. По данным 1996 года, средняя концентрация 3,4 бенз(а)пирена составляла  $8.8 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup> (8.8 ПДК).

Метилмеркаптан (ММ) определялся в г. Долинск и г. Поронайск. В настоящее время не определяется из-за отсутствия источников выброса (простаивают ЦБЗ). Средняя за 1989-1994 годы концентрация ММ в Долинске составляла  $40 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup> (4.4 ПДК), а в Поронайске -  $59.7 \cdot 10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup> (6.6 ПДК), проявляя тенденцию снижения содержания ММ от года к году параллельно спаду производства ЦБЗ.

Для оценки уровня загрязнения воздуха в городах используется расчет индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) не более чем пятью основными примесями.

Комплексные показатели ИЗА для городов Сахалина, осуществляющих контроль качества воздуха, выглядят следующим образом: Поронайск - 4.1; Долинск - 4.3; Новоалександровск - 5.0; Оха - 8.8; Корсаков - 8.3; Южно-Сахалинск - 49.9.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что минимально загрязнен воздух Поронайска и Долинска (ИЗА < 5), в Охе и Корсакове уровень загрязнения высокий (ИЗА = 8) и экстремально высокий комплексный показатель ИЗА = 49.9 для Южно-Сахалинска.

Сравнение средних концентраций загрязняющих примесей на территории Сахалина с аналогичными показателями качества воздуха азиатской части России показывает превышение уровня загрязнения воздуха Сахалина почти по всем определяемым ингредиентам, кроме растворимых сульфатов.

### ***Краткий обзор качества морских вод по гидрохимическим показателям***

Основными факторами, формирующими поле загрязненности в прибрежных и рейдовых водах о. Сахалин, являются: объем и состав промышленных и хозяйственно-бытовых сбросов, термическое состояние, ледовые условия, характер и

особенности прибрежной циркуляции вод, орография районов.

До 1992 года наиболее интенсивно были загрязнены прибрежные и рейдовые воды в районах сброса сточных вод целлюлозно-бумажных заводов. Здесь в течение года постоянно отмечалась большая внутримассовая загрязненность. Содержание фенолов в этих районах в отдельные периоды превышало предельно-допустимую концентрацию в десятки, сотни раз. Особенно сильно загрязнены прибрежные воды зимой, в период наличия припая, когда сточные воды начинают скапливаться в прибрежной полосе. В районе п. Стародубское содержание фенолов в отдельные годы достигало значений 1000-1500 мкг/л (1000-1500 ПДК). После 1992 года, в связи с резким спадом производства и практически полной остановкой целлюлозно-бумажных заводов, загрязненность прибрежных и рейдовых вод фенолами снизилась до 3-5 мкг/л (3-5 ПДК).

Во внутригодовой изменчивости фенолов, в районах сброса сточных вод ЦБЗ, достаточно четко прослеживается зимний и летний максимум содержания фенолов. Первый - обусловлен резким снижением рассеивания сточных вод из-за

наличия мощного припая, второй - интенсификацией процессов окисления органического вещества.

Наиболее сильно загрязнены нефтепродуктами прибрежные и рейдовые воды г.Александровск-Сахалинский. Здесь регулярно отмечаются разливы нефтепродуктов, вызванные переливанием топлива при бункеровке судов и выносом загрязненных вод с территории нефтебазы. Среднегодулетние значения нефтепродуктов для прибрежных вод г.Александровск-Сахалинский составляют 0.25-0.30 мг/л (5-6 ПДК), а максимальные значения достигают в отдельные годы 8-9 мг/л (160-180 ПДК). Высокий уровень загрязнения нефтепродуктами отмечается в прибрежных водах г. Корсаков, на рейде Холмска, в заливе Анива.

Сезонный максимум нефтепродуктов в прибрежных районах наблюдается весной (апрель-май). Увеличение содержания нефтепродуктов в этот период связано с разрушением загрязненного льда, интенсификацией работы малотоннажного флота, выносом нефтепродуктов с речными водами.

Содержание СПАВ в прибрежных и рейдовых водах Татарского пролива и Охотского моря невелико. Среднегодовые значения практически нигде не превышают предельно-допустимой концентрации. Только максимальные значения в отдельных районах могут достигать значений 3-5 ПДК. Как правило, области максимальных значений СПАВ приурочены к устьям рек и приустьевым участкам побережья.

Весной, в период проведения сельскохозяйственных работ, в прибрежных и рейдовых водах, омывающих о. Сахалин, обнаруживаются ХОП. Их содержание, как правило, исчисляется сотыми и тысячными долями мкг/л. Летом и осенью ХОП на большинстве рейдов отсутствуют.

В межгодовой изменчивости нефтепродуктов и фенолов в прибрежных и рейдовых водах наблюдается достаточно устойчивая тенденция снижения их содержания, начиная с 1985 года, с последующей стабилизацией среднегодовых значений. В последние годы их содержание - на уровне 0.05-0.15мг/л (нефтепродукты), 3-5мкг/л (фенолы).

Концентрация растворенного кислорода в прибрежных и рейдовых водах изменяется в достаточно большом диапазоне - от 6-9 мг/л летом до 8-14 мг/л зимой. При этом относительное содержание растворенного кислорода, как правило, близко к 100%. Исключение составляют прибрежные районы, где зимой, при достаточно высоком содержании загрязняющих веществ и наличии мощного ледового покрова, дефицит насыщения вод кислородом может достигать значений 30-60%. В отдельные годы в прибрежных водах п.Стародубское в зоне коллектора Долинского ЦБЗ зимой содержание растворенного кислорода падает до нулевых значений.

Содержание биогенных элементов в рейдовых водах о. Сахалин близко к их значениям в открытой части моря. Средние значения кремния, как правило, изменяются в пределах 100-600 мкг/л, фосфатов 5-20 мкг/л, нитритов 2-7 мкг/л. Исключение составляют приустьевые участки моря, где содержание биогенных элементов в несколько раз выше.

К основным факторам, определяющим химический состав вод местного поверхностного стока, относятся почвы и гидрогеологические условия.

**Краткий обзор качества поверхностных вод о. Сахалин**

В гидрогеологическом отношении на территории о. Сахалин наиболее широко представлены ультрапресные и пресные подземные воды. Значительно меньшее распространение имеют средне- и сильноминерализованные воды [Ресурсы поверхностных вод СССР, 1973]. По химическому составу воды подземных горизонтов относятся к гидрокарбонатному классу, и лишь в прибрежных районах встречаются водоносные комплексы с гидрокарбонатно-хлоридными или хлоридными водами. Подземные воды в районах расположения болотных массивов в основном являются пресными, гидрокарбонатно-хлоридными, с высоким содержанием железа общего и органических соединений.

Почвы острова отличаются большим разнообразием. На равнинной части о. Сахалин и по долинам рек развиты в основном суглинистые лугово-дерновые, лугово-глеевые заболоченные и торфяные почвы. С увеличением высоты местности они сменяются горными буро-таежными неподзоленными суглинистыми почвами. В пределах Северо-Сахалинской равнины обширные площади занимают средне- и слабоподзолистые супесчаные почвы. Благодаря хорошей проницаемости этих почв, атмосферные осадки слабо обогащаются в них растворенными солями, что способствует формированию сравнительно низкой минерализации речных вод.

Минерализация поверхностных вод на территории острова в период прохождения весеннего половодья изменяется в основном от 30 до 60 мг/л, а в пределах Северо-Сахалинской равнины и в бассейне р.Тымь снижается до 10-20 мг/л. На реках, подверженных приливно-отливным течениям (Поронай, Черная, Большая Александровка, Красногорка) минерализация воды значительно выше и находится в пределах 100-170 мг/л. Во время низкой водности рек минерализация воды, как правило, повышается и изменяется от 50 до 200 мг/л, а самые высокие ее значения характерны для рек Поронай, Черная, Большая Александровка, Красногорка (700-1900 мг/л).

Поверхностные воды о. Сахалин по общему содержанию в них многозарядных катионов относятся преимущественно к категории очень мягких или мягких вод. С увеличением минерализации воды жесткость ее обычно также возрастает, поэтому наименьшего значения она достигает в период весеннего половодья (0.15-0.50 мг-экв/л, а максимального - в период летне-осенней и зимней межени (0.60-3.0 мг-экв/л). Значительно выше содержание жесткости в реках Поронай, Черная, Большая Александровка и Красногорка, что напрямую связано с очень высокой минерализацией в этих реках. Во время низкой водности этих рек величины жесткости достигают 15-50 мг-экв/л.

По химическому составу речные воды острова в основном относятся к гидрокарбонатному классу, реже - к гидрокарбонатно-хлоридному или смешанному, группе кальция или натрия.

Кислородный режим поверхностных вод удовлетворительный (9.00-14.00 мг/л). Иногда в период летне-осенней межени на отдельных реках отмечается его снижение до критических значений (2.90-5.90 мг/л).

Важным показателем качества речных вод является содержание в них биогенных веществ. Средние концентрации отдельных соединений азота находятся в

пределах: нитритного - от нуля до 0.008 мг/л, нитратного - от 0.01 мг/л до 0.30 мг/л, аммонийного - от 0.01 мг/л до 0.38 мг/л. Повышенное содержание этих ингредиентов отмечается при низкой водности в водах рек Малый Сартунай, Большая Александровка. Концентрации фосфатов в поверхностных водах острова незначительны и составляют 0 - 0.020 мг/л, лишь в водах бассейна р. Тымь и реках Хоэ, Малая и Большая Александровка они достигают 0.030-0.070 мг/л. Содержание кремния в речных водах острова в различные фазы водного режима изменяется от 1.0 мг/л до 9.0 мг/л. Воды рек о. Сахалин богаты железом. Средние концентрации железа общего находятся на уровне 0.50-1.40 мг/л, максимальные - 2.00-5.00 мг/л.

О содержании органических веществ в речных водах в основном судят по цветности воды и ее окисляемости [Никаноров, Посохов, 1985]. Цветность поверхностных вод острова изменяется в широких пределах. В бассейнах рек Арги, Арково, Онорка, Леонидовка, Макарова, Тихая, Углегорка, Красногорка она находится в пределах 15-20 градусов. В водах рек Северо-Сахалинской равнины, центральной части острова отмечается увеличение цветности до 50-150 градусов, а максимальные величины достигают 200 градусов.

Химическое потребление кислорода (ХПК) в водах рек о. Сахалин также изменяется в больших диапазонах. Максимальные величины ХПК наблюдаются в период весеннего половодья и дождевых паводков. В реках Вал, Даги они колеблются от 45 мг/л до 92 мг/л, в бассейне р. Тымь - от 30 мг/л до 69 мг/л, в бассейне р. Поронай - от 72 мг/л до 86 мг/л, в водах рек юго-восточного побережья - от 26 мг/л до 35 мг/л, западного побережья - от 20 мг/л до 80 мг/л. Минимальное содержание органических веществ (по ХПК) находится в пределах 5.0-15.0 мг/л.

Повышенное содержание гуминовых кислот, наличие в речных водах легкоокисляющих органических веществ, недостаточное очищение и разбавление коммунальных сточных вод оказывает значительное влияние на биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>). Средние величины БПК<sub>5</sub> в речных водах острова изменяются от 1.0 мг/л до 3.50 мг/л. Повышенное содержание биохимического потребления кислорода отмечается в реках Черная, Большая Александровка, Онорка, Хоэ, Углегорка. В отдельные годы, в период зимней межени, величины БПК<sub>5</sub> в р. Большая Александровка достигали критических уровней - 9.00-32.8 мг/л.

Загрязнение нефтепродуктами поверхностных вод о. Сахалин находится в основном на уровне 0.02-0.20 мг/л, но изменяется в достаточно широких пределах. Содержание нефтепродуктов в реках Вал, Даги зависит от работы очистных сооружений газонефтеперерабатывающих предприятий. Средние величины нефтепродуктов в этих реках находятся в пределах 0.15-0.22 мг/л, а максимальные значения достигают иногда высокого уровня загрязнения (ВЗ) - 1.54 мг/л. В реках Красная, Армудан, Арги, Тымь (в створах у пос. Тымовское и пос. Адо-Тымово) средние концентрации нефтепродуктов не превышают ПДК, а максимальные находятся на уровне 0.12-0.60 мг/л. В р. Тымь у пос. Ноглики среднее содержание нефтепродуктов повышается до 0.21 мг/л, а максимальное значение - до 1.25 мг/л. В бассейне р. Поронай средние величины нефтепродуктов изменяются от 0.09 мг/л до 0.13 мг/л, а максимальные - от 0.30 мг/л до 0.60 мг/л. На таком же уровне



находится загрязнение нефтепродуктами рек юго-восточного побережья. В водах рек западного побережья средние концентрации нефтепродуктов находятся в пределах 0.09-0.40 мг/л (исключение реки Хоз, Арково, где среднесезонные значения не превышают ПДК). В отдельные годы, в период прохождения весенних и дождевых паводков, в реках Августовка и Красногорка максимальные величины нефтепродуктов достигают критических уровней - до 70-80 ПДК. Среднее содержание фенолов в речных водах изменяется от 0.001 мг/л до 0.003 мг/л, максимальные величины - от 0.005 мг/л до 0.020 мг/л. В последнее время в р. Красногорка наблюдается высокое загрязнение фенолами (40.0-70.0 ПДК) и средние концентрации их значительно выше, чем в других реках острова (0.012 мг/л).

Загрязнение речных вод синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ) незначительно. Средние величины этого ингредиента находятся на уровне 0.00-0.02 мг/л, максимальные - 0.03-0.08 мг/л. Лишь в реках Вал, Черная, Малая и Большая Александровка максимальные значения СПАВ достигают 0.19-0.27 мг/л.

Загрязненность поверхностных вод о.Сахалин соединениями меди последнее время характеризуется как «устойчивая», так как повторяемость случаев превышения 1 ПДК выше 80 %. Средний уровень концентрации соединений меди колеблется в пределах 0.004-0.010 мг/л с максимальными значениями 0.032-0.057 мг/л. Случаи высокого загрязнения соединениями меди наблюдаются в водах рек Нитуй, Макарова, Имчин, Хоз, Малый Сартунай, Большая и Малая Александровка, Августовка (0.040-0.70 мг/л).

Среднее содержание цинка в реках Вал, Даги и в бассейнах р.Тынь и р.Поронай находится в диапазоне 0.010-0.020 мг/л. А в водах рек юго-восточного и западного побережий среднее значение этого ингредиента значительно выше - 0.016-0.050 мг/л. Максимальные концентрации достигают 0.060-0.95 мг/л, в бассейнах р.Тынь - 0.30-0.050 мг/л. В реках Вал, Имчин, Житница, Макарова, Хоз, Большая Александровка, Августовка, Красногорка нередко отмечаются случаи высокого загрязнения цинком от 0.150 мг/л до 0.740 мг/л.

Уровень загрязненности поверхностных вод свинцом незначителен. Среднее содержание свинца колеблется в пределах 0.009-0.020 мг/л, максимальное - 0.040-0.080 мг/л.

За многолетний период наблюдений загрязненности речных вод ртутью и кадмием не наблюдалось.

В последнее время отмечается увеличение показателей, загрязненность воды которыми достигает критического уровня. К ним, как правило, относятся соединения меди, цинка, железа, нефтепродукты, реже фенолы.

По оценке индекса загрязненности вод (ИЗВ), речные воды о. Сахалин преимущественно относятся к третьему классу ("умеренно загрязнённые"), число рек, относящихся к четвёртому классу качества (вода грязная), составляет менее 20 %.

Таблица 3. Программа наблюдений за состоянием загрязнения воздуха в лабораториях Сахалинского УГМС

Город	№ поста	Взвешенные в-ва	Диоксид серы	Раствор. сульфаты	Диоксид азота	Оксид азота	Сероводород	Сажа	Метилмеркаптан	3,4 бенз(а)пирен	Металлы	Оксид углерода	Программа
Александровск-Сахалинский	1	+	+		+		+	+				+	П
	2	+	+		+		+	+				+	НП
Долинск (закрыт с 1995)	1	+	+		+		+	+				+	П
	2	+	+		+		+	+	+			+	НП
Корсаков	1	+	+		+		+	+				+	П
	3	+	+		+		+	+				+	НП
Новоалександровск (без лаб)	1	+	+		+		+	+				+	НП
Оха	1	+	+		+		+					+	НП
	3	+	+		+		+					+	НП
Поронайск	1	+	+		+		+	+				+	НП
	2	+	+		+		+	+	+			+	НП
Южно-Сахалинск	1	+	+		+		+	+		+		+	НП
	2	+	+	+	+		+	+				+	П
	4	+	+		+	+	+	+		+		+	НП
	10	+	+		+		+				+	+	П
<p>" + " – наблюдения за данной примесью ведутся ;  " П " - программа полная, отбор проб в сроки : 01, 07, 13, 19 ;  " НП " - программа неполная, отбор проб в сроки : 07, 13, 19.</p>													

Таблица 4. Программа наблюдений за состоянием загрязнения морских вод и донных отложений в лабораториях СахУГМС

Ингредиент	ЛМЗМВ	КГХ АГМО	ЛФХМА
В морских водах:			
растворенный кислород	+	+	-
БПК5	+	+	-
рН	+	+	-
щёлочность	+	+	-
солёность	+	+	-
фосфаты	+	+	-
кремний	+	+	-
азот нитритный	+	+	-
азот нитратный	-	+	-
фосфор общий	+	-	-
азот аммонийный	+	+	-
сульфаты	+	-	-
взвешенные вещества	+	-	-
нефтеуглеводороды	+	+	-
фенолы	+	+	-
СПАВ	+	+	-
ртуть	+	-	-
протолигнин	+	-	-
В донных отложениях:			
нефтеуглеводороды	+	-	-
фенолы	+	-	-
ртуть	+	-	+
тяжёлые металлы	+	-	+
Гранулометрический анализ	-	+	-

Таблица 5. Частота выполнения гидрохимических съёмов в прибрежных и рейдовых водах о. Сахалин

№ п/п	Наименование района	Категория	Общее количество съёмов	По сезонам			
				Весна	Лето	Осень	Зима
1	Александровский <i>(прибрежный)</i>	1	6	2	2	2	-
2	Александровский	3	3	1	1	1	-
3	Углегорский	3	2	1	-	1	-
4	Томаринский	3	2	1	-	1	-
5	Чеховский	3	2	1	-	1	-
6	Холмский	3	2	1	-	1	-
7	Невельский	3	2	1	-	1	-
8	пр. Лаперуза	3	3	1	1	1	-
9	з. Анива	3	3	1	1	1	-
10	Корсаковский	3	3	1	1	1	-
11	б. Лососей	3	3	1	1	1	-
12	Новиковский	3	3	1	1	1	-
13	1-й вековой	3	2	1		1	-
14	Стародубский <i>(прибрежный)</i>	1	6	2	1	2	1
15	Стародубский	3	3	1	-	1	1
16	Поронайский	3	2	1	-	1	-
17	Макаровский	3	2	1	-	1	-
18	Вахрушевский	3	2	1	-	1	-
19	з. Терпения	3	2	1	-	1	-
20	Шельф северо-восточного Сахалина	б/к	1	-	-	1	-

Таблица 6. Перечень и точность гидрохимических параметров, определяемых в Сахалинском УГМС, в морской воде и донных отложениях.

№ п/п	Ингредиент	Точность метода (предел обнаружения)
Морская вода:		
1	солёность	0,01 промилле
2	щёлочность	0,001 мг-экв/л
3	pH	0,01 ед. pH
4	растворённый кислород	0,02 мг/л
5	фосфор общий	0,5 мкг/л
6	фосфаты	2,5 мкг/л
7	азот нитритный	0,1 мкг/л
8	азот нитратный	0,1 мкг/л
9	азот аммонийный	0,1 мкг/л
10	кремний	1 мкг/л
11	нефтепродукты	0,01 мг/л
12	фенолы	3 мкг/л
13	СПАВ	0,1 мкг/л
14	сероводород	0,02 мг/л
15	протолигнин	0,05 мг/л
16	сульфаты	10 мг/л
17	взвешенные вещества	0,1 мг/л
18	ртуть	15 нг/л
19	БПК5	0,02 мг/л
Донные отложения:		
1	нефтепродукты	0,5 мг/ 1 г сух. грунта
2	фенолы	0,25 мкг/1 г сух. грунта
3	ртуть	0,01 мкг/1 г сух. грунта
4	тяжёлые металлы:	
	медь	0,1 мкг/0,5 г сух. грунта
	свинец	0,1 мкг/0,5 г сух. грунта
	кадмий	0,01 мкг/0,5 г сух. грунта
	кобальт	0,1 мкг/0,5 г сух. грунта
	цинк	0,1 мкг/0,5 г сух. грунта

Таблица 7. Программа наблюдений за гидрохимическим режимом рек о.Сахалин в лабораториях СахУГМС

№ п/п	Показатели гидрохимического режима речных вод	ЛМЗПВ	КГЛ АГМО	ХЛ ГС Оха	ХЛ АС Поро-найск	ЛФХМА
1	температура воды	+	+	+	+	-
2	взвешенные вещества	+	+	+	+	-
3	рН	+	+	+	+	-
4	кислород	+	+	+	+	-
5	БПК5	+	+	+	+	-
6	солевой состав	+	+	-	-	-
7	азот аммонийный	+	+	+	+	-
8	азот нитритный	+	+	+	+	-
9	азот нитратный	+	+	+	+	-
10	фосфаты	+	+	-	+	-
11	кремний	+	+	-	+	-
12	железо общее	+	+	+	+	-
13	медь, цинк	+	-	-	-	-
14	никель	+	-	-	-	+
15	кадмий	+	-	-	-	+
16	кобальт	+	-	-	-	+
17	марганец	+	-	-	-	+
18	фенолы	+	-	-	-	-
19	СПАВ	+	+	-	+	-
20	нефтепродукты	+	+	-	-	+
21	смолы и асфальтены	+	+	-	-	+

Таблица 8. Периодичность и частота наблюдений за гидрохимическим режимом по программам государственной службы наблюдений на реках о. Сахалин в зависимости от категории пункта

№ п/п	Река, пункт наблюдения	Категория	Периодичность проведения наблюдения	Кол-во проб в году	Программа ОГЧН		
					СП-1	СП-3	ОП
1	2	3	4	5	6	7	8
01	р. Охинка - г. Оха	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
03	р. Эхаби - п.Восточный	4	в основные фазы	7	-	-	+
04	р. Эрри – п. Тунгор	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
06	р. Пильтун - п.Пильтун	4	в основные фазы	7	-	-	+
07	р. Вал – п. Вал	4	в основные фазы	7	-	-	+
08	р. Даги – п. Даги	4	в основные фазы	7	-	-	+
09	р. Тымь - п. Тымовское	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
10	р. Тымь - п.Адо-Тымово	4	в основные фазы	7	-	-	+
11	р. Тымь - п. Ноглики	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
12	р. Красная – п.Ясное	4	в основные фазы	7	-	-	+
13	р. Армудан - п.Восход	4	в основные фазы	7	-	-	+
15	р. Арги - п. Арги-Паги	4	в основные фазы	7	-	-	+
16	р. Имчин - п. Ноглики	4	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
18	р. Поронай - г. Поронайск	2	ежедекадно	48	+	-	-
			ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
57	р. Мулейка - п. Первомайск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
20	р. Житница - п. Первомайск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
23	р. Чёрная - г. Поронайск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+

(продолжение табл. 8)

№ п/п	Река, пункт наблюдения	Категория	Периодичность проведения наблюдения	Кол-во проб в году	Программа ОГСН		
					СП-1	СП-3	ОП
1	2	3	4	5	6	7	8
25	р. Нитуй - п. Новое	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
26	р. Макарова - г. Макаров	4	в основные фазы	7	-	-	+
27	р. Пугачёвка- п. Пугачёво	4	в основные фазы	7	-	-	+
28	р. Тихая - ст. Тихая	4	в основные фазы	7	-	-	+
29	р. Ай - с. Советское	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
30	р. Найба - п. Быков	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
31	р. Найба - г. Долинск	3	ежемесячно	15	-	+	-
			в основные фазы	21	-	-	+
32	р. Большой Такой - г. Долинск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
33	р. Очепуха – п. Лесное	4	в основные фазы	7	-	-	+
34	р. Комиссаровка п. Чапаево	4	в основные фазы	7	-	-	+
35	р. Сусуя - п. Синегорск	4	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
36	р. Сусуя - г. Южно-Сахалинск	2	ежедекадно	48	+	-	-
			ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
37	р. Сусуя - п. Соловьёвка	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
38	р. Синяя - п. Синегорск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
39	р.Рогатка-г.Ю-Сахалинск	4	в основные фазы	7	-	-	+
40	р. Лютога - п. Чапланово	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+



(окончание табл. 8)

№ п/п	Река, пункт наблюдения	Категория	Периодичность проведения наблюдения	Кол-во проб в году	Программа ОГСН		
					СП-1	СП-3	ОП
1	2	3	4	5	6	7	8
41	р. Лютога - г. Анива	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
42	р. Лопатинка - г. Горнозаводск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
54	р. Казачка - г. Невельск	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
43	р. Правда – п. Правда	4	в основные фазы	7	-	-	+
44	р. Чеховка - г. Чехов	4	в основные фазы	7	-	-	+
45	р. Красногорка - г. Красногорск	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
46	р. Углегорка - с. Краснополье	4	в основные фазы	7	-	-	+
47	р. Августовка - п. Бошняково	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
48	р. Бол. Александровка г. Александровск-Сах.	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
49	р. Мал. Александровка г. Александровск-Сах.	3	ежемесячно	5	-	+	-
			в основные фазы	7	-	-	+
51	р. Арково - п. Арково	4	в основные фазы	7	-	-	+
55	р. Малый Сартунай - п. Мгачи	3	ежемесячно	10	-	+	-
			в основные фазы	14	-	-	+
52	р. Хоэ - п. Хоэ	4	в основные фазы	7	-	-	+
53	р. Лагуринка - п. Лагури	4	в основные фазы	7	-	-	+
54	Озеро Медвежье - г. Оха	4	в основные фазы	4	-	-	+
СП-1 – сокращённая программа 1; СП-3 – сокращённая программа 3; ОП – обязательная программа.							

Таблица 9. Параметры гидрохимических наблюдений на реках о. Сахалин по программе государственной службы наблюдений

№ п/п	Показатели гидрохимических наблюдений	Размерность	СП-1	СП-3	ОП	Точность метода
1	запах	баллы	-	-	+	0
2	прозрачность	см	-	-	+	4
3	температура воды	градус Цельсия	+	+	+	0
4	взвешенные вещества	мг/л	-	+	+	0
5	pH		+	+	+	0,05
6	кислород	мг/л	+	+	+	0,05
7	магний	мг/л	-	-	+	0,1
8	хлориды	мг/л	-	-	+	2,0
9	сульфаты	мг/л	-	-	+	1,0
10	сумма ионов	мг/л	-	-	+	
11	жѐсткость общая	мг - экв/л	-	-	+	0,5
12	гидрокарбонаты	мг/л	-	-	+	0,5
13	натрий + калий	мг/л	-	-	+	
14	кальций	мг/л	-	-	+	0,5
15	БПК5	мг/л	-	+	+	0,5
16	азот аммонийный	мг/л	-	+	+	0,01
17	азот нитритный	мг/л	-	+	+	0,005
18	азот нитратный	мг/л	-	+	+	0,01
19	фосфаты	мг/л	-	-	+	0,005
20	кремнекислота	мг/л	-	-	+	0,05
21	железо общее	мг/л	-	+	+	0,01
22	медь	мкг/л	-	+	+	2,0
23	цинк	мкг/л	-	+	+	2,0
24	никель	мкг/л	-	+	+	40
25	кобальт	мкг/л	-	-	+	50
26	кадмий	мкг/л	-	+	+	5,0
27	марганец	мкг/л	-	+	+	10
28	фенолы	мг/л	-	+	+	0,001
29	смолы и асфальтены	мг/л	-	+	+	0,02
30	нефтепродукты	мг/л	-	+	+	0,02
31	СПАВ	мг/л	-	+	+	0,01
32	протолигнин	мг/л	-	+	+	0,01

СП-1 - сокращѐнная программа 1;  
 СП-3 - сокращѐнная программа 3;  
 ОП - обязательная программа.

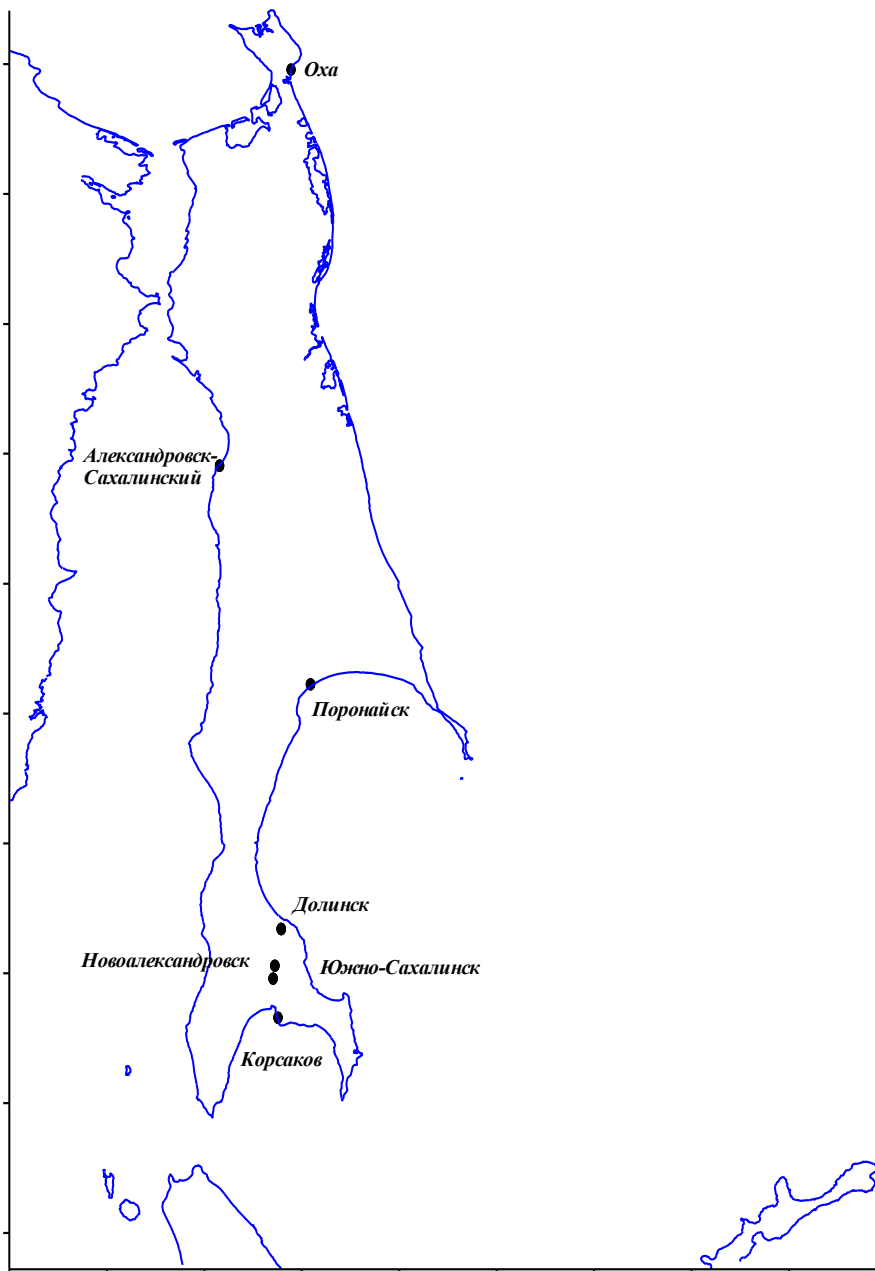


Рисунок 16. Схема городов, осуществляющих мониторинг загрязнения атмосферы

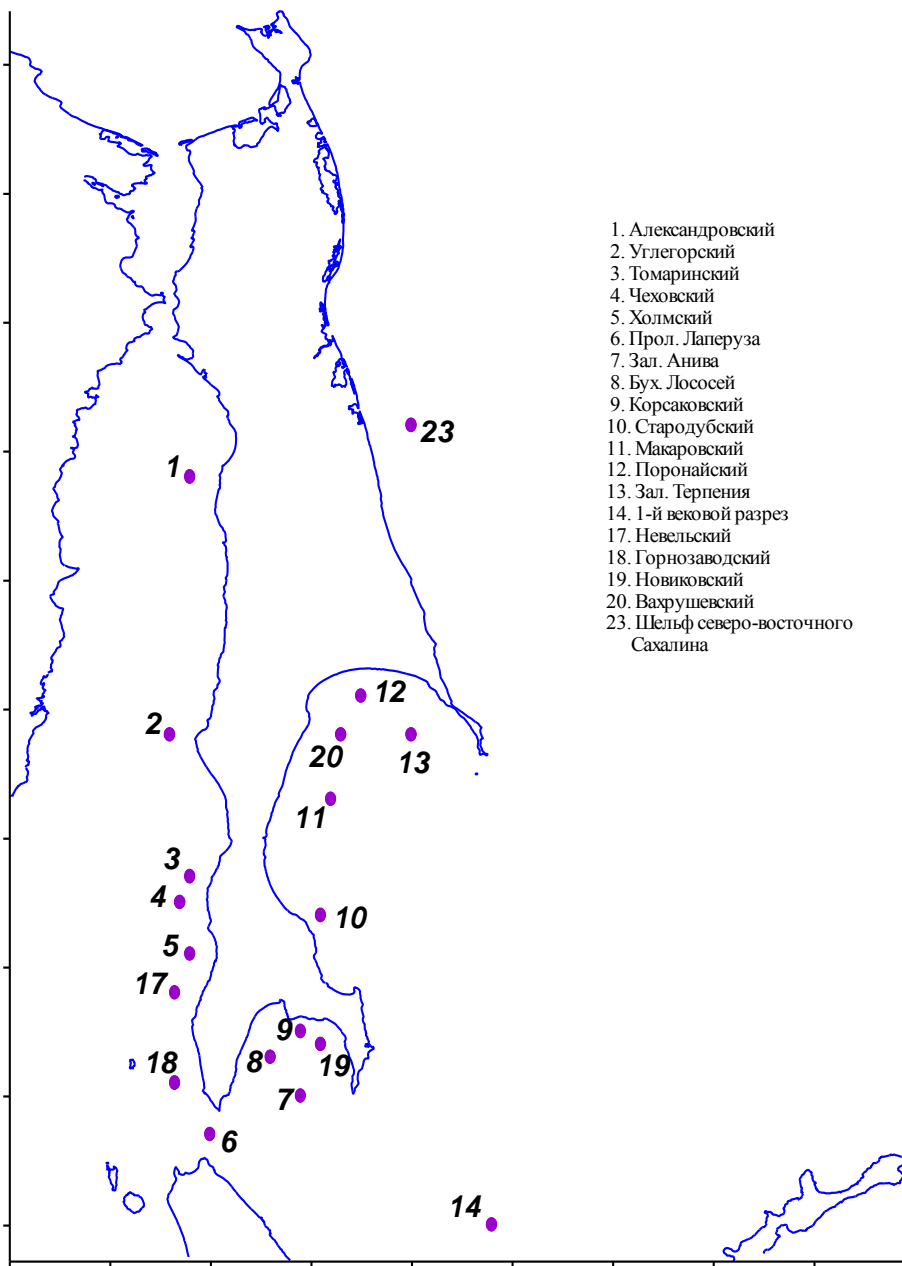


Рисунок 17. Схема расположения районов ОГСН, в которых осуществляется мониторинг загрязнения морской воды

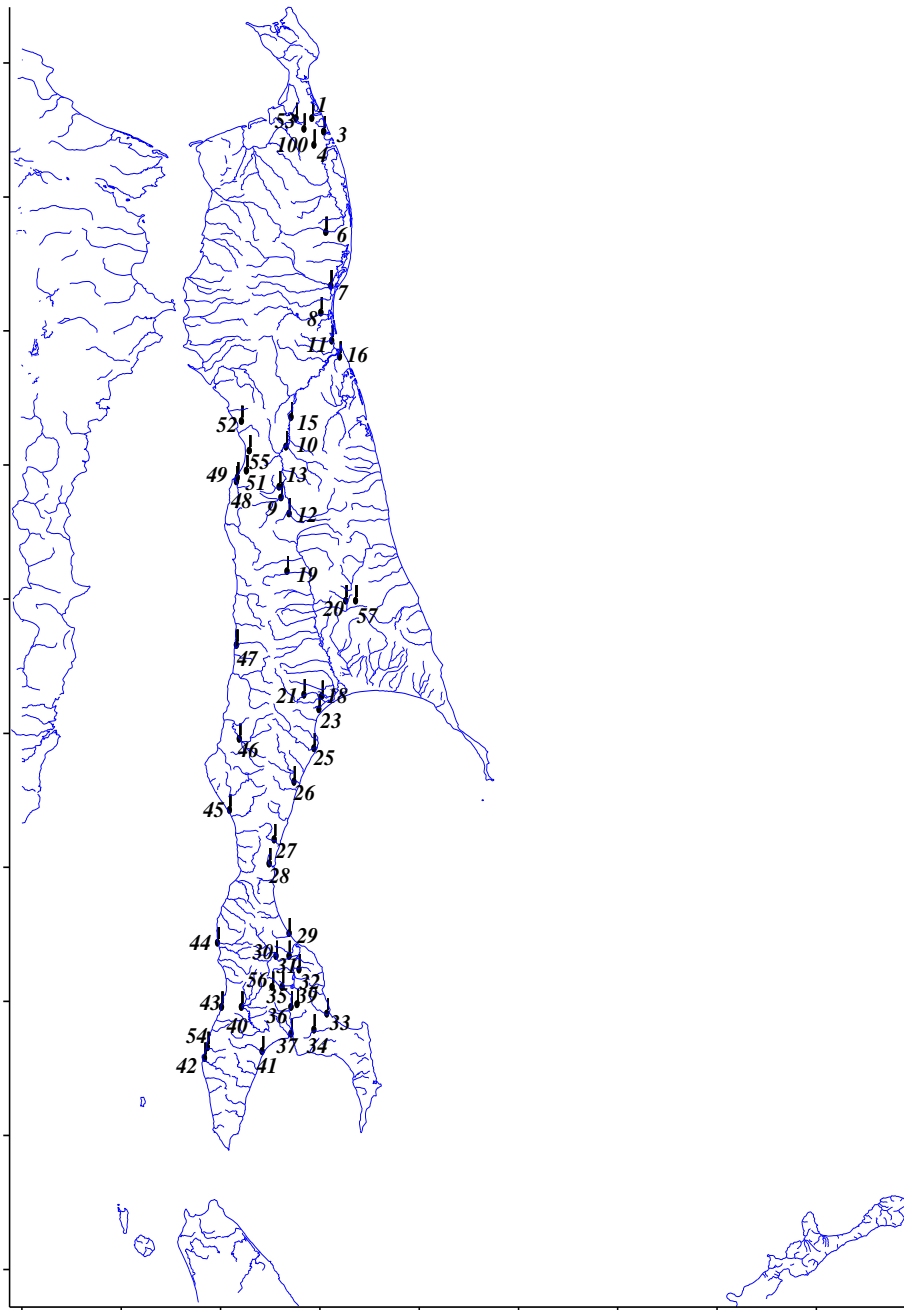


Рисунок 18. Схема расположения пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод суши

## 1.6. О практической реализации экологического мониторинга

До недавнего времени Охотское море не входило в зону интенсивного промышленного производства и поэтому оставалось относительно чистым, и вопросы защиты моря от загрязнений не были актуальными. Однако открытие месторождений нефти и газа на шельфе у северо-восточного побережья о. Сахалин, предстоящая разработка этих месторождений и потенциальная угроза рыбным запасам моря способствовали развертыванию работ по разработке мер защиты.

В первую очередь требуется организовать наблюдение - экологический мониторинг, т.е. организовать систему сбора и обработки экологической информации в районе добычи нефти. Однако организовать экологический мониторинг достаточно сложно. Необходимо знать ответы на вопросы:

- Что и как наблюдать?
- Как отделить естественные сезонные годовые и многолетние изменения от изменений, возникших в результате человеческой деятельности?
- Как оценить степень опасности зафиксированных изменений?

В настоящее время в экологической науке отсутствует обоснованная концепция экологического мониторинга. По-видимому, и не может быть универсальной инструкции, пригодной для всех регионов.

Несмотря на то, что начало работ связано с возможными разливами нефти, вопрос ставится шире, чем просто обнаружение разливов нефти и защита от них.

Разливы нефти хотя и являются опасными сами по себе, но в таблице о "вредности" они стоят на третьем месте после хлорсодержащих органических веществ (пестицидов) и тяжелых металлов [Израэль, Цыбань, 1989].

Нефть является природным материалом, и за миллионы лет эволюции в природе выработаны механизмы ее утилизации. Легкие фракции нефти при растекании ее по поверхности моря быстро испаряются. В морской среде присутствуют микроорганизмы - утилизаторы. При отсутствии нефти в воде этих организмов мало. При увеличении содержания нефти происходит взрывное увеличение численности этих микроорганизмов. Переработка нефти микроорганизмами зависит от количества нефти в воде и от температуры воды. При некотором пороговом значении содержания нефти в воде скорость переработки ее микроорганизмами уменьшается. Уменьшается скорость переработки и при понижении температуры. Однако даже в условиях холодных вод Охотского моря механизм микробной утилизации нефти работает.

Хуже обстоит дело с пестицидами и тяжелыми металлами. В морской среде не выработаны механизмы их выведения, и эти вещества, будучи устойчивыми, имеют свойство накапливаться.

Пока пестицидов и тяжелых металлов в Охотском море мало, но грядущее загрязнение неизбежно, и со временем концентрация загрязнителей увеличится. Источником будут река Амур и другие реки, впадающие в Охотское море, - интенсивное промышленное развитие Китая и России при непринятии мер приведет к увеличению поступления загрязнителей в море из рек.

Организация экологического мониторинга только в районе буровых имеет принципиальные недостатки.

В районах буровых работ на шельфе существует постоянное течение, направленное с севера на юг со скоростью 20-30 см/с. На это течение накладываются интенсивные приливно-отливные и ветровые течения.

Поэтому загрязнения будут интенсивно разбавляться и переноситься в другие районы. Результаты экологического мониторинга в районе добычи трудно интерпретировать, потому как неизвестно, сколько загрязнителей осталось здесь и сколько унесено.

Надо расширить район наблюдений - в перспективе необходимо охватить контролем все море.

Экологическая наука определяет следующие этапы подготовки к организации экологического мониторинга [Израэль, Цыбань, 1989]:

1. Необходимо подробное изучение экосистем пока еще незагрязненного региона. Исследования должны проводиться не только в районе нефтепромыслов, но и в других районах. Должны быть найдены районы с условиями, сходными с условиями районов, где будут производиться работы, чтобы была возможность сравнивать состояние экологической среды в районе, подверженном загрязнениям и эталонном "чистом" районе.

2. Необходимо уточнение гидрологического режима.

Известно, что большая часть загрязнителей (тяжелые фракции нефти, тяжелые металлы, ядохимикаты) в конечном итоге оказывается в донных отложениях в районах стыка водных масс. Эти районы необходимо определить, и именно там брать пробы на наличие загрязнений и проводить контроль состояния экосистемы. В этих районах необходимо устанавливать автоматические измерители уровня загрязнения.

На основании данных о гидрологическом режиме могут быть построены статистические модели рассеивания загрязнений и определено распределение концентрации загрязнений по площади. Эти данные дадут возможность оконтурить район загрязнений.

3. Определение ассимиляционной емкости моря (или отдельного его участка, если будет подтверждено, что загрязнения не выходят за пределы участка) для конкретных типов загрязнителей. Ассимиляционная емкость - это количество загрязнителя, которое может быть накоплено, разрушено, трансформировано и выведено без нарушения функционирования экосистемы. В первую очередь, необходимо определить, сколько нефти (тонн за месяц или тысяч тонн за год) может быть сброшено в море без опасности для его экосистем.

И не вообще нефти, а именно той нефти, которая здесь добывается.

Это же относится и к ядохимикатам и к тяжелым металлам т.е. должен быть определен предельно допустимый объем сбросов во всем регионе. Исходя из этих данных, может быть определен лимит для каждой буровой. Если это установлено, задача упрощается - необходимо следить, чтобы лимит сброса (плановый и случайные утечки) не был превышен.

Ясно, что определение лимита следует отнести к отдаленной научной перспективе. В настоящее время необходимо организовывать наблюдения за состоянием экосистем. Это предполагает оценку флоры и фауны, т.е. видовой состав (индекс

Шенона), общий объем биомассы, распределение размеров и возраста организмов и др., оценку концентрации загрязнителей.

Как первая, так и вторая задачи в настоящее время выполняются лабораторным анализом проб. Как правило, эти пробы берутся во время экспедиций на научно-исследовательских судах. Пробы исследуются в лабораториях. Интервал времени между проведением экспедиции и получением результатов оценивается месяцами. Проведение экспедиций - дорогостоящее мероприятие. Поэтому экспедиции проводятся редко (в условиях Охотского моря - раз в году: летом или осенью). Для проведения мониторинга необходимы систематические исследования в идеальном варианте - при помощи автоматических систем.

Автоматических приборов для исследования состояния фауны и флоры пока нет.

Приборы для оценки содержания загрязнителей существуют, но точность этих приборов недостаточна для получения арбитражно-значимых данных о содержании нефти и углеводородов, тяжелых металлов и других опасных химических веществ при их содержании в среде в количествах, близких к установленным нормам ПДК. Речь идет о приборах, работающих в автоматическом режиме и установленных в точке измерения, т.е. на дне или в толще воды.

Причин недостаточной точности несколько.

Во-первых, это можно объяснить чрезвычайной сложностью поставленной задачи.

О сложности этих анализов можно косвенно судить по тому факту, что параллельные анализы одних и тех же проб, проведенные в российских лабораториях по российским методикам и лабораториях США по методикам США, зачастую дают разные результаты.

Применяемые при лабораторных анализах методы не могут быть применимы в приборах, установленных на дне или в толще воды.

В морских приборах могут быть использованы методы, основанные на воздействии на морскую среду различных полей: акустического, электрического, магнитного, с последующей оценкой отклика среды на эти воздействия.

Известно, например, что затухание акустического сигнала в морской воде зависит от содержания растворенных веществ. Проводимость морской воды, а также прохождение электромагнитного излучения через воду также будут изменяться при изменении состава и количества примесей. В принципе, измеряя реакцию среды на воздействие внешних полей, а также учитывая другие параметры среды, такие, как температуру и давление, можно получить количественные оценки состава.

Во-вторых, требуется очень высокая точность измерений. Поскольку нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) многих опасных веществ оцениваются долями миллиграммов или несколькими миллиграммами на литр (т.е. концентрация порядка 10 в степени минус 6 или 10 в степени минус 8), то таков, по видимому, будет и масштаб изменений параметров полей.

Поэтому чувствительность и точность этих приборов должны быть чрезвычайно высоки. (Для сравнения: лабораторный вольтметр с точностью 0,1% считается очень точным прибором, а это только 10 в минус 3.)



Третья причина - жесткие условия эксплуатации.

Приборы для контроля загрязнений должны в течение длительного времени (по крайней мере год) работать в условиях агрессивной морской среды, т.е. в условиях интенсивных вибраций, биологического обрастания и воздействия химической и электрохимической коррозии. При этом должно гарантироваться сохранение метрологических характеристик.

Существуют и дополнительные трудности - это ограниченность энергии источников питания, ограничение объемов и массы прибора.

И, наконец, последняя и, по-видимому, наиболее существенная причина.

До недавнего времени не ставилась достаточно серьезно задача измерения уровня загрязненности в автоматическом режиме. Просто не было в этом настоятельной необходимости.

Поскольку сейчас такие задачи поставлены, то, несомненно, будут найдены и решения.

В настоящее время многие известные зарубежные и российские фирмы работают в направлении создания датчиков для автоматического мониторинга [Hewlett-Packard (США), Chelsea Instrument (Великобритания), "Люмэкс" (Россия), "Ива" (Россия)] и другие и наметились некоторые подходы к решению задачи.

- Ведутся разработки по созданию стабильных электродов для непрерывного анализа морской воды методом измерения электрических потенциалов. Фирма "Ива" (г. Екатеринбург) гарантирует в своих рекламных проспектах надежное определение в пробах кадмия в количестве 0.1 мг/л и хрома в количестве 1 мг/л при погрешности в пределах 10% (!) Если эти данные подтвердятся, то такие датчики могут в дальнейшем быть использованы в автоматической системе контроля.

- Лаборатория ВНЦ ГОИ им С.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург) сообщает о разработке серии оптико-электронных автономных приборов ("Экопост", "Оптоскан", "Кондор"), предназначенных специально для систем экологического контроля. Окончание разработки ожидается в середине или в конце 1998 г. (для различных приборов сроки окончания разработки различаются). Приборы измеряют стандартные гидрологические параметры, содержание нефтепродуктов в воде, а также оптические характеристики воды. Приборы обеспечивают измерение концентрации загрязнителей на уровне ПДК и лучше.

Уже созданы и эксплуатируются приборы для измерения физико-химических характеристик морской воды:

- содержания кислорода,
- величины рН,
- величины окислительно-восстановительного потенциала,
- поглощения света в широком диапазоне длин волн,
- содержания хлорофилла.

Данные о физико-химических характеристиках не дают ответа о содержании, например, ртути или кадмия, но они дают общую оценку качества среды. Потребуются тонкие исследования для определения количественных оценок связи уровней загрязнения и измеряемых физико-химических параметров. Для получе-

ния этих оценок потребуются параллельные исследования состояния флоры и фауны и физико-химических характеристик.

Зачастую загрязнители присутствуют в среде в следовых количествах и все же оказывают влияние на экосистему. Обнаружение таких загрязнителей техническими средствами чрезвычайно затруднительно.

Решением проблемы обнаружения загрязнителей, присутствующих в следовых количествах, может быть использование биологических методов обнаружения с использованием микроорганизмов.

- Это могут быть индикаторные микроорганизмы. Например, присутствие следов нефти приводит к увеличению численности некоторых видов бактерий (численность коррелирует с уровнем загрязненности нефтью).

- Обнаружение в пробах этих микроорганизмов и определение их количества свидетельствуют о наличии нефти и дают возможность оценить ее количество. Необходимо вести поиск микроорганизмов для обнаружения именно того сорта нефти, который здесь добывается.

- Это могут быть виды - аккумуляторы. Некоторые виды способны накапливать загрязнители в количестве на несколько порядков более, чем в окружающей среде (количество загрязнителей на грамм веса).

- Это критические виды. Наличие загрязнителей в среде приводит к их исчезновению, уменьшению численности или уродствам.

Для определения наличия загрязнений могут быть использованы такие характеристики, как скорость роста. Например, известно, что скорость роста моллюсков уменьшается при наличии загрязнителей и что интенсивность дыхания и приема пищи также зависит от наличия загрязнений. Сравнивая интенсивность дыхания организмов в контролируемом районе с интенсивностью дыхания в эталонной зоне, можно делать определенные выводы. Эти измерения могут проводиться автоматическими системами, например, моллюски могут выращиваться на специальном лотке, установленном на долговременной донной станции.

Можно привести пример, что во время акустических исследований в Охотском море, проводимых на полигоне «Озеро Птичь», на некоторых донных станциях поселялись моллюски, которые в процессе жизнедеятельности создавали помехи приему акустических сигналов. В тех условиях это были помехи. Но эти сигналы могут быть использованы как индикатор жизненной активности и связать с состоянием среды.

Может быть предложен ряд приемов определения жизнедеятельности биологических объектов. Это реакция на механические раздражения - биолюминесценция, оценка отклика на акустический сигнал, оценка рассеивания и поглощения акустических сигналов на различных частотах, оценка скорости обрастания пластин из различных материалов и др. Приборы, работающие по этому принципу, могут быть установлены на долговременных донных станциях, установленных в контролируемом и «чистом» районах. Сравнение результатов поможет сделать выводы о состоянии среды.

Задачей исследований является поиск биологических объектов, а также разработка методов и технических средств для применения биологических объектов для обнаружения загрязнителей, оценки их количества и оценки их влияния на

состояние экологической среды. Это открывает новую, практически неизведанную область применения автоматических систем.

Таким образом, на сегодняшний день построение систем экологического контроля только на основе автоматических систем невозможно, но в обозримом будущем создание таких систем не исключено.

Внедрение системы экологического мониторинга может быть разделено на два этапа.

Первый этап - это разработка системы мониторинга на основе тех методов и приборов, которые существуют на сегодняшний день или в ближайшей перспективе.

Задачей системы первого этапа может быть:

- контроль сбрасываемых в море продуктов промышленной деятельности (шлама, бурового раствора и др.) для определения количества в них нефти и других опасных веществ;

- контроль наличия в море в непосредственной близости от скважины нефти на поверхности (утечки из скважины);

- контроль метеобстановки и гидрологического режима для возможности прогнозирования направления распространения пятен нефти, если произойдет значительный выброс;

- контроль физико-химических характеристик морской воды в нескольких точках поблизости от буровой;

- обеспечение связи для передачи оперативной информации в Центр сбора информации и оповещение компетентных органов об авариях для принятия мер.

Приборы системы первого этапа должны располагаться непосредственно на буровых платформах и в море, в ближайших окрестностях буровой, и работать в реальном времени, т.е. задержки между измерениями и получением результатов должны быть минимальными.

Для установления корреляционных связей между физико-химическими характеристиками морской воды и состоянием экосистемы в точках установки датчиков должны регулярно браться пробы для исследования фауны и флоры.

На фоне разработки и внедрения первого этапа должны проводиться широкомасштабные исследования для подготовки второго этапа - оконтуривание района загрязнений, определение лимитов, поиск биологических обнаружителей и разработка измерительной аппаратуры на новых принципах.

Система второго этапа должна внедряться постепенно, по мере накопления научных данных, наличия материальной базы и соответствующего финансирования.

Следует указать еще один аспект проблемы. Это увязка системы экологического мониторинга с системами прогноза опасных явлений, например таких, как цунами и землетрясения.

Как системы первого, так и второго уровней могут включать в состав измерительной аппаратуры измерители уровня моря. Наличие этих данных и оперативное включение их в данные, обрабатываемые Центром цунами, помогут уточнить прогноз цунами.

Необходимо решить вопрос организационно. Технические проблем нет. Следует организовать систему передачи данных, согласовать форматы и т. д.

Как известно, район нефтепромыслов относится к сейсмически опасной зоне.

Недавнее землетрясение в Нефтегорске подтверждает опасность катастрофических землетрясений в этом районе.

Как системы первого, так и второго этапов могут включать сейсмометры.

Вопрос заключается в целесообразности получения этих данных, а технически эти датчики также могут быть установлены и включены в состав систем.

И еще. Если обеспечить измерение уровня моря с точностью до нескольких миллиметров водяного столба, то эти данные могут быть использованы для обнаружения вертикальных подвижек земной коры. Это особенно важно для районов, в которых возможна техногенная сейсмическая активность.

Технически измерение уровня моря с разрешением в единицы миллиметров возможно при использовании в донных измерителях кварцевых датчиков давления фирмы Paroscientific и при соответствующей математической обработке длинных рядов измерений.

Для того чтобы реализовать точность датчика, потребуется стабильное основание на дне для установки датчиков. Здесь есть некоторые трудности, но в принципе они решаемы.

Организовать аналогичные измерения на суше затруднительно из-за отсутствия надежных реперов. В случае донного измерителя репером будет уровень океана. Для увеличения надежности результатов может быть установлено несколько датчиков уровня.

В настоящее время ставится задача построения системы первого этапа.

Что может быть предложено в данный момент?

Это:

- аппаратура для получения метеорологической информации: температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, облачности и данных о волнении;

- аппаратура для измерения океанологических стандартных параметров: скорости и направления течения, температуры, проводимости (солёности);

- аппаратура физико-химического анализа (кислород, рН, хлорофилл, редокс, мутность);

- аппаратура для обнаружения пленки нефти на поверхности моря;

- датчики уровня и сейсмодатчики (при необходимости);

- аппаратура предварительной обработки и накопления и передачи данных в центр.

В настоящее время отсутствует автоматическая аппаратура для анализа сбрасываемых в море буровых растворов и шлама на содержание нефти и других загрязнителей при их наличии на уровне ПДК.

Поэтому на буровой потребуются организовать специальную лабораторию. Известны портативные лабораторные приборы (фирма СПЕКТРОН), которые при обеспечении минимальных условий быстро (15 минут) осуществляют контроль состава пробы на тяжелые металлы практически в автоматическом режиме.

Чувствительность приборов достаточна и подтверждается сертификатом. Приборы управляются от компьютера и не требуют квалифицированного обслуживания. Результаты могут быть сразу внесены в базу данных.

Фирма "ЛЮМЭКС" предлагает лабораторный прибор "Флюорат" для автоматического анализа на содержание нефтепродуктов в воде. Проведение анализа полностью автоматизировано. Данные выводятся на компьютер.

Чувствительность 0.002 мл/л. Прибор сертифицирован и может быть использован как сигнализатор установленного порогового уровня.

Такая полуавтоматическая система с участием автоматических приборов и людей, осуществляющих по расписанию анализы, может в какой-то мере служить прообразом или полигоном для отработки будущих автоматических систем.

### 1.7. Обзор материалов 1994-1996 гг.

Последние годы, в том числе период с 1994 г. и по настоящее время, отмечаются практически полным свертыванием стандартных и регулярных океанографических исследований в дальневосточных морях России. Редкие экспедиции, выполняемые на судах ТИНРО или СахНИРО, продолжили, отчасти, наблюдения за состоянием моря на стандартных гидрологических разрезах, но результаты этих исследований уже не попадают в централизованные архивы СахУГМС, что ставит под угрозу историю океанографических исследований на сахалинском шельфе.

Указанные годы характерны отсутствием плановых экспедиций и морских исследований на специализированных гидрометеорологических судах, свертыванием, резким сокращением количества гидрометеорологических станций СахУГМС, самоисключением судов рыболовного флота из реестра постоянно действующих морских гидрометеопостов. Новые экономические реальности привели к существенному оттоку высококвалифицированных океанологов из морских отделов и служб того же СахУГМС, что уже привело к серьезным трудностям в гидрометеорологическом и гидрофизическом обеспечении морских работ и снижению требований к безопасности человеческой жизни на море.

Тем не менее под контролем Сахалинского комитета по экологии ежегодно выполняются океанологические и экологические исследования, в которых профильные гидрометеорологические организации задействуются далеко не на первых ролях. Для оценки океанологических и экологических исследований на сахалинском шельфе в 1994-1996 годах доступны следующие материалы:

- 1) Отчет, Съёмка участка работ, часть 2, Гидрометеорологические и экологические исследования, Киринский блок, Государственное предприятие, Дальневосточная морская инженерно-геологическая экспедиция, Южно-Сахалинск, 1994 г.
- 2) Отчет 1-й Международной экологической экспедиции на шельфе о. Сахалин. 23-й рейс НИС «Академик Лаврентьев», ВНИИПИ морнефтегаз АО «Роснефть», Российская Академия наук, Москва-Владивосток, 1995 г.
- 3) Заключительный отчет о результатах работ по экологическому мониторингу в районе бурения разведочной скважины № 5 на площади Аркутун-Даги - море. ЗАО «Сахалинморнефтегаз-Шельф», Южно-Сахалинск 1996 г.

- 4) Программа мониторинга природной среды в районах освоения нефтегазовых ресурсов северо-восточного шельфа Сахалина на период 1996-2000 гг., Южно-Сахалинск, 1995 г.

К сожалению, в вышеупомянутых исследованиях решались локальные задачи без ссылок на какие-либо объединяющие их программы, и никак не просматривается единая задача мониторинга сахалинского шельфа. В соответствии с концепцией комплексного мониторинга, излагаемой в данной книге, суть которой сводится к разработке концепции долговременного экологического мониторинга морских акваторий, желательного повторно систематизировать полученные в 1994-1996 гг. исходные материалы, уделив основное внимание следующим вопросам:

- наличию связи между исследованиями 1994-1996 годов со стандартными наблюдениями, выполнявшимися ранее, обоснованию выполненных исследований с позиций непрерывности экологических и океанологических наблюдений в будущем;

- возможности включения имеющихся материалов в автоматизированную информационно-аналитическую систему, которая должна быть создана и задействована как в комплексном мониторинге сахалинского шельфа, так и в качестве базовой системы для локального мониторинга и принятия решений непосредственно в районах проведения нефтепромысловых работ;

- наличию технических предложений или обоснованных научно-исследовательских программ для продолжения океанологических исследований, ориентированных на развертывание системы мониторинга на сахалинском шельфе в будущем. Поиск научно-технического и организационного задела при решении всего комплекса вышеуказанных задач.

Конспективный обзор материалов исследований за последние годы будет приведен в приложении, здесь остановимся на обобщенном анализе вышеуказанных материалов исследований.

### *Гидрометеорологические и гидродинамические условия*

Исходные данные по исследованию течений на сахалинском шельфе приведены в отчете ГП ДМИГЕ, часть 2-я, Гидрометеорологические и экологические исследования, 1994 год.

Для обработки этих материалов было разработано специальное математическое обеспечение, позволяющее в интерактивном режиме заносить и анализировать исходные данные по наблюдениям за течениями и уровнем моря (рисунок 20).

Предварительный анализ данных по течениям подтвердил сложный характер как постоянных, так и приливных течений в изучаемом районе. Как и ожидалось (рисунок 8), получены выводы о том, что характер течений на сахалинском шельфе существенно зависит от гидрометеорологических условий. К сожалению, использовать эти данные для контроля корректности численного моделирования, с помощью имеющихся в СКБ САМИ вычислительных моделей, не представилось возможным, так как в отчете за 1944 г. гидрометеорологические условия приведены только в повторяемости.

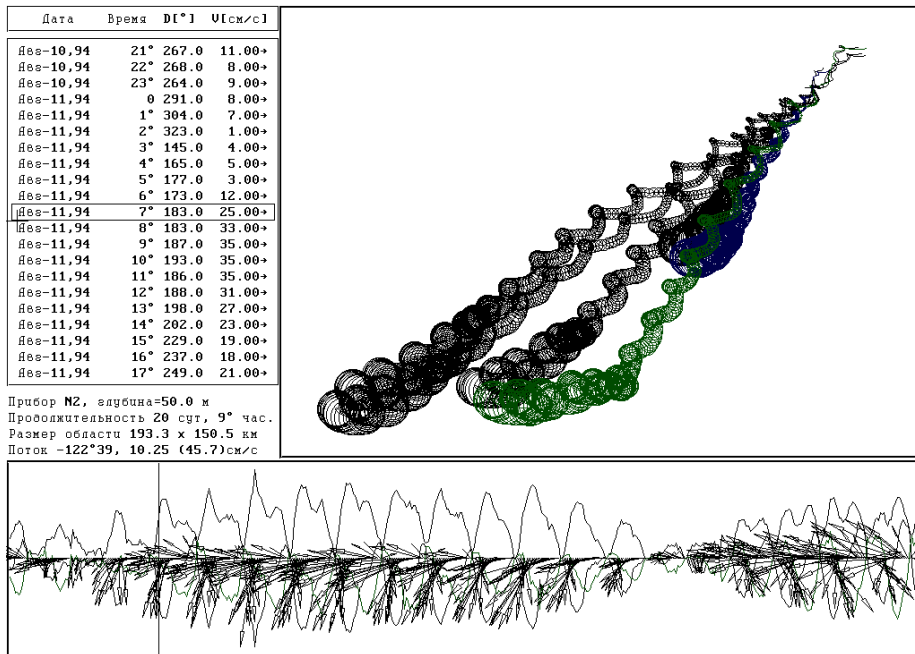
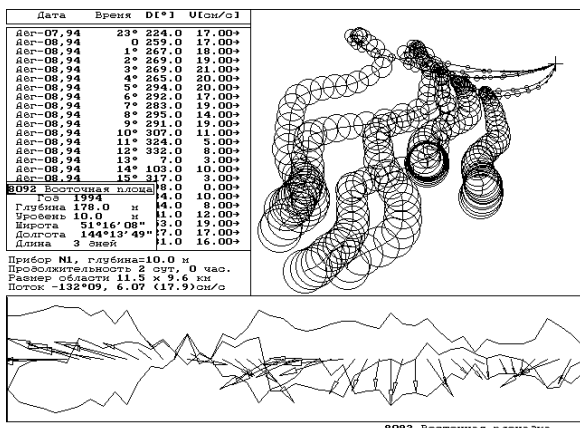


Рисунок 19. Визуализация полного цикла данных по наблюдениям за течениями и уровнем моря в 1994 году, выполнявшимся в двух точках, на каждой в трех горизонтах

По отчетным материалам 1995 года вообще нельзя сделать каких-либо выводов о гидрометеорологической и гидродинамической обстановке на сахалинском шельфе. Нельзя также не отметить, что в отчете (2) приведены площадные наблюдения за течениями,

где измерения выполнялись на горизонтах 5, 10, 15, 20, 25 и 50 метров. К сожалению, авторы отчета не только не учли приливной составляющей течения, но и не указали точного времени на моменты измерения скоростей течений, что не позволяет учесть приливной составляющей течения самостоятельно. В условиях, когда скорости периодически меняющихся приливных течений в 5-10 раз превышают постоянные течения и течения, вызываемые взаи-



<Esc> экран меню, <Enter> экран риса

Рисунок 20. Изображение на экране ЭВМ при занесении данных, обработке и анализе материалов по измерениям течений

модействием атмосферы и океана, следует сделать выводы о плохом качестве представленных по результатам исследований материалов.

Гидрологические наблюдения в рейсе 1995 года проводились на всех станциях четырех полигонов (рисунок 21). Их специфика определялась небольшими размерами (6 миль) и положением исследуемых акваторий. Первые три полигона (в порядке выполнения) "D", "C", "B" находятся на шельфе восточного побережья Сахалина в зоне влияния Восточно-Сахалинского течения. Водные массы, переносимые течением, сформировались под влиянием стока реки Амур в Сахалинском заливе и прилегающих районах пролива Невельского. В дальнейшем, по мере продвижения на юг, должно происходить постепенное осолонение этих вод. Таким образом, в масштабе Охотского моря были исследованы отдельные участки западной периферии циклонического циркуляционного круговорота. Это касается полигонов, расположенных на шельфе восточного Сахалина; динамика водных масс Сахалинского залива (полигон "А") обладает специфическими особенностями, обусловленными близостью реки Амур и конфигурацией береговой линии.

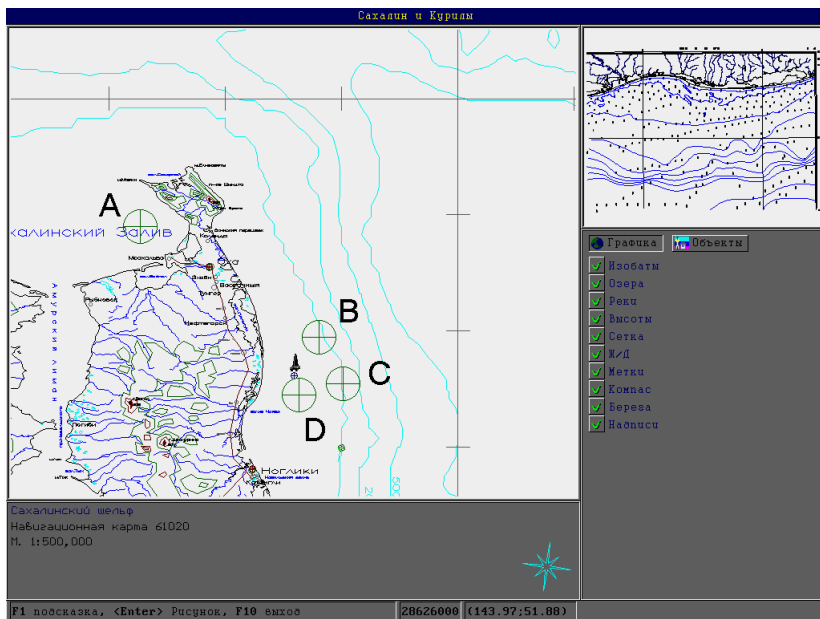


Рисунок 21. Районы выполнения исследований, материалы по результатам которых включены в состав информационной системы «Сахалин». В правом верхнем углу рисунка приведен фрагмент морской батиметрической карты

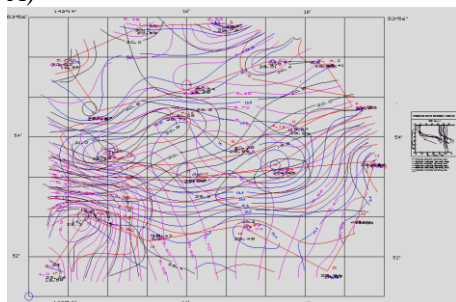
В отчете об исследованиях 1996 года (3) приведена гидрометеорологическая обстановка за весь период экспедиционных работ, которые включают в себя данные о температуре и давлении воздуха, характеристиках ветра и морского волнения. Анализ этих материалов показывает сложность гидрометеорологической обстановки в районе нефтепромыслов на сахалинском шельфе, что в первую очередь обуславливается постоянно действующей зыбью со средней амплитудой



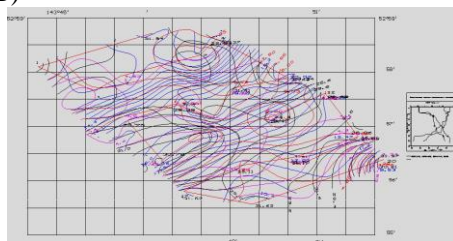
около 2 метров и штормовым волнением с высотой волн 4÷6 метров. К сожалению, материалы этого отчета также не могут быть использованы для изучения и оценки характера взаимодействия атмосферы и океана, так как все гидродинамические и гидрологические параметры шельфовых вод приведены в повторяемых.

По результатам исследований 1994-1996 гг. нельзя сделать объективной оценки волнового климата, гидрометеорологической и гидродинамической обстановки на сахалинском шельфе, что обусловлено как неполнотой, представленной в отчетах материалов, так и практически полным отсутствием ссылок на океанологические исследования прошлых лет.

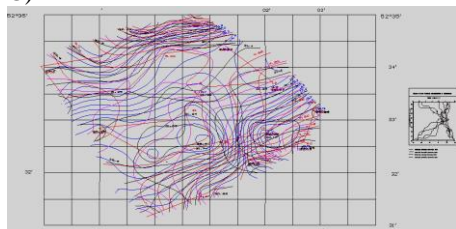
A)



B)



C)



D)

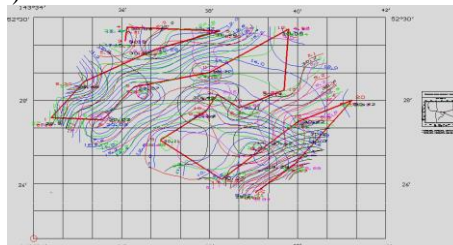


Рисунок 22. Образцы представления океанологических материалов 1995 года, которые были повторно оцифрованы по схемам, приведенным в отчете, и систематизированы в составе информационной системы «Сахалин»

### ***Об экологических исследованиях 1994-1996 гг.***

В соответствии с вышеизложенной концепцией отметим, что на момент начала нефтепромысловых работ экологическая ситуация на сахалинском шельфе может быть определена как вполне благоприятная и претерпевающая дальнейшее оздоровление, обусловленное существенным снижением лесозаготовок в водосборных районах сахалинских рек.

Экологические исследования на сахалинском шельфе должны опираться на долговременные наблюдения за комплексом гидрохимических и гидробиологических параметров, каждое измерение которых должно быть привязано к географическим координатам и строго датировано. Накопление материалов и их анализ возможны только при условии систематизации всего комплекса данных в виде

объединенных океанографических баз данных. Вторым, и важнейшим, условием объективного экологического контроля является открытость экологически значимых материалов для всех научных коллективов и независимых экспертов, принимающих участие в изучении или освоении сахалинского шельфа.

К сожалению, по результатам экологических исследований в 1994-1996 годах нельзя сделать никаких значимых оценок ни о состоянии сахалинского шельфа, ни об экологических процессах в его акваториях. Последнее обусловлено как отсутствием анализа ситуации с использованием долговременных наблюдений, так и разрозненностью и неполнотой приводимых в отчетах перечислений и таблиц числовых величин. Перечисление здесь результатов единичных и бессистемных измерений, выполненных в 1994-1996 годах, к сожалению, не прояснит истинной картины экологических процессов в акваториях сахалинского шельфа.

## ЧАСТЬ 2. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

### Введение

*(современная информационно-аналитическая и приборная база для контроля обстановки на море)*

В первой части книги рассматривались имеющиеся на сегодняшний день научные разработки и результаты выполненных ранее исследований. Здесь же будет выполнен обзор состояния современных инструментальных средств и автоматизированных систем, предназначенных для оперативного контроля и непрерывного мониторинга состояния моря.

Современная океанографическая наука не может позволить себе “роскоши” самоценных и разрозненных приборных измерений состояния водной среды, которые сами по себе не в состоянии обеспечить оперативного и широкомасштабного контроля обстановки на море, оставляя тем самым сложнейшую инфраструктуру морских служб, в том числе используемых на нефтепромыслах, на “волю стихии”.

В соответствии с изначально сформулированной концепцией экологический мониторинг должен быть составной частью комплексного океанологического мониторинга сахалинского шельфа и прилегающих акваторий Охотского моря. В таком мониторинге должны быть в полной мере задействованы традиционные для нашего времени инструментальные средства и системы контроля морской среды:

1) численное моделирование гидродинамических и гидрометеорологических процессов, в задачу которого входит получение реальных или уточненных океанографических данных на обширных акваториях, в том числе получаемых в режиме упреждающих вычислительных экспериментов или прогнозного моделирования;

2) создание информационной системы, в которую должна стекаться оперативная информация от действующих служб и автономных систем наблюдения за состоянием моря, в которой должны быть систематизированы и обобщены как материалы предыдущих исследований, так и специально обработанные данные для использования в различных эксплуатационных ситуациях в районах выполнения работ на море;

3) должны быть развернуты специализированные приборные комплексы контроля экологической обстановки в районе нефтепромыслов, которые должны обеспечивать специализированными оперативными данными как системы моделирования состояния окружающей среды (*nn.1*), так и информационно-аналитические ресурсы единой службы наблюдения и контроля за состоянием моря в районе нефтепромыслов (*nn.2*);

4) новые системы дистанционного зондирования океана из космоса еще не попали в разряд стандартных и арбитражно-значимых систем наблюдения за гидрометеорологической и экологической обстановкой, тем не менее освоение ком-

плекса таких наблюдений, накопление материалов и систематическое сопоставление результатов с данными от других измерительных систем наблюдения в будущем может образовать важное звено в комплексной системе наблюдения;

5) нельзя также не упомянуть собственно самой системы регулярного анализа и интерпретации всего комплекса ретроспективных и оперативных данных о состоянии окружающей среды как в районах нефтепромыслов, так и в других акваториях Сахалинской области и дальневосточных морях России в целом. Постоянный экспертный контроль обстановки в этом случае образует важнейший инструмент контроля экологической обстановки, обеспечит реальное функционирование территориального центра Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСМ) и создаст базу для быстрого и эффективного задействования экспертной группы, собираемой в случае возникновения чрезвычайных ситуаций и экологических катастроф.

В соответствии с перечисленными тезисами построена часть 2-я настоящей работы, которая включает в себя следующие подразделы:

- 1) Гидродинамическое моделирование;
- 2) Информационные системы и атласы;
- 3) Приборные комплексы и системы наблюдения;
- 4) Дистанционное зондирование поверхности моря из космоса;
- 5) Элементы информационно-картографических систем и океанографических баз данных.

## 2.1. Использование океанологических вычислительных экспериментов

Реализация и внедрение гидродинамических вычислительных экспериментов является наиболее приоритетной задачей, которая может позволить в кратчайшие сроки решить целый комплекс современных задач мониторинга и контроля опасных морских явлений. Для задействования этого инструментария вполне достаточно исходных данных, поступающих в соответствии с регламентом действующих оперативных служб СахУГМС и СахОМСП, результаты же такого внедрения должны привести к информационно-техническому совершенствованию указанных служб, которые впоследствии и должны сформулировать, и реализовать концепцию комплексного мониторинга сахалинского шельфа.

К настоящему времени в лаборатории вычислительной гидромеханики и океанографии СКБ САМИ ведутся активные исследования гидродинамических моделей на основе длинных волн в полных потоках. Эта модель предназначена для решения большого комплекса задач моделирования приливного режима, штормовых нагонов, цунами и других опасных морских явлений. В случае применения такого моделирования для решения практических задач оперативного мониторинга состояния моря круг задач может быть существенно расширен, в зависимости от оперативности поступления и качества данных от измерительных систем и постов наблюдения.

Рассмотрим постановку базовых задач и некоторые результаты вычислительных экспериментов по моделированию гидродинамических процессов в Охотском море.

### **Кинематическая модель**

Кинематические модели, так же как и интерпретация данных естественных наблюдений или результатов предвычисленных вычислительных экспериментов, позволяет в кратчайшие сроки провести экспресс-анализ обстановки на море, сразу же после поступления данных о проявлении опасных морских явлений. Такой экспресс-анализ может быть выполнен многократно, по мере изменения или поступления новых исходных данных.

Кинематическая модель распространения волновых фронтов и лучей основывается на сортировке точек с минимальными отсчетами времен добегания длинных волн, полученных на основе принципа Гюйгенса для точечных излучателей. В настоящее время реализована модель, использующая 4-точечный шаблон, на котором вычисляются производные по направлению. Поле времен получается достаточно гладким, чтобы по нему восстанавливались не только линии изохрон, но и линии лучей, которые показывают маршруты движения длинных прогрессивных волн. Указанную вычислительную модель можно отнести к гидродинамическому моделированию нулевого порядка, по которому возможно построение поля коэффициентов усиления на фронтах первого вступления длинных волн, когда коэффициент усиления вычисляется из условия сходимости лучевых линий и не зависит от периода волнения.

### **Вычислительная модель гидродинамического режима на основе уравнений длинных волн в полных потоках**

Прямые вычислительные эксперименты предназначены для непосредственного и полного моделирования гидродинамических процессов. Они требуют достаточно больших вычислительных ресурсов и позволяют получать результаты после проведения длительных во времени расчетов. Тем не менее всегда можно подобрать исходные данные таким образом, чтобы моделируемые процессы протекали быстрее, чем реальные морские явления, обеспечивая решение прогностических задач. На практике такое моделирование может выполняться в фоновом режиме, непрерывно показывая развитие опасных морских явлений на экране ЭВМ. Соответственно, по мере поступления уточненных данных с постов наблюдения, моделируемые процессы должны либо адаптироваться к уточненным исходным данным, либо возобновлять моделирование с использованием новых условий.

Численная модель длинноволновой гидродинамики определяется с помощью уравнения движения и условия неразрывности жидкости. В данном случае она определяется на меркаторской картографической проекции и скорректирована поправками на вращение Земли и вязкостными свойствами жидкости:

$$\begin{aligned} \text{Уравнения движения:} \quad \tilde{U}_x &= g \cdot D \cdot \frac{\delta \tilde{\zeta}}{\delta x} \cdot \frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi} \cdot dt, \\ \tilde{U}_y &= g \cdot D \cdot \frac{\delta \tilde{\zeta}}{\delta y} \cdot \frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi} \cdot dt, \\ \text{Уравнение неразрывности:} \quad \tilde{\zeta} &= \left( -\frac{\partial U_y}{\partial y} + \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) \cdot \frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi} \cdot dt, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Поправки} \quad \tilde{U}_x &+= 2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi \cdot \tilde{U}_y \cdot dt = 1.4544 \cdot 10^{-4} \cdot \sin \varphi \cdot \tilde{U}_y \cdot dt, \\ \text{Кориолиса:} \quad \tilde{U}_y &-= 2 \cdot \omega \cdot \sin \varphi \cdot \tilde{U}_x \cdot dt = 1.4544 \cdot 10^{-4} \cdot \sin \varphi \cdot \tilde{U}_x \cdot dt, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Поправки на донное трение:} \quad U_x &-= \tilde{U}_x \cdot \frac{K_v \cdot |\bar{U}|}{D^3} \cdot dt, \\ U_y &-= \tilde{U}_y \cdot \frac{K_v \cdot |\bar{U}|}{D^3} \cdot dt \end{aligned}$$

где: Выражение:  $F \pm f(x) \cdot \delta x$  - соответствует синтаксису языка программирования C++ и использовано здесь для выражения порядка разделения уравнений по физическим параметрам. Его необходимо понимать как:  $F = F \pm f(x) \cdot \delta x$ ;

$D$  [m] - глубина спокойного моря;

$\zeta$  [m] - отклонение уровня моря от равновесного состояния;

$\varphi, \varphi_0$  - широта в расчетной точке и приведенная широта Меркаторской карты;

$$\bar{U} [\text{m}^2/\text{c}] = \bar{V} \cdot D \quad \text{вектор полного потока жидкости;}$$

$$\bar{V} [\text{m}/\text{c}] = \frac{1}{D+z} \cdot \int_{-D}^{\zeta} \bar{V} dz \quad \text{осредненная по глубине скорость жидкости.}$$

Если уравнения используются в операциях интегрирования без дополнительных алгебраических преобразований, то суть этих операций необходимо связывать с описанием существенно нелинейных процессов. Будем предполагать, что вышеуказанные вычислительные нелинейные факторы скорее отвечают физике естественных процессов в океане, нежели вносят случайные погрешности в процесс вычислений.

Граничные условия на свободных границах расчетной области задаются с помощью условия излучения с наложенным внешним возмущением, которое определяется через дифференциал во времени:

$$\frac{\delta \zeta}{\delta t} = \frac{\delta \zeta(t)}{\delta t} \pm C \cdot \left| \frac{\delta \zeta}{\delta r} + \frac{\delta \zeta(t)}{\delta r} \right|,$$

$$\text{где:} \quad C = \sqrt{\mathbf{g} \cdot D} \quad \text{скорость волны}$$

$$\delta r = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2} \quad \text{контрольный размер ячейки}$$

Приведенные уравнения аппроксимируются явной схемой первого порядка на центрированном разностном шаблоне. Устойчивость расчетной схемы во времени определяется критерием Куранта, который задается через минимальное время, за которое свободная волна пересекает смежные границы расчетной ячейки:

$$\Delta T \leq \frac{\delta y \cdot \delta x}{C_{\max} \cdot \delta r} \cdot 0.8$$

Пространственная картина может быть охарактеризована аппроксимационной гладкостью, качество которой определяется количеством точек, участвующих в построении пространственного периода волны.

$$D_{min} \geq \left( \frac{K \cdot \delta r}{T_{min}^{wave}} \right)^2 / g.$$

$K$  - минимальное количество точек, описывающих один период волны во времени. Обычно этот минимум достигается в шельфовой зоне и непосредственно вблизи побережья.

### **Постановка задачи о моделировании приливного режима в Охотском море**

Охотское море является уникальным регионом для полноценного исследования численных алгоритмов, моделирующих приливной режим и режим течений. Положительным фактором для Охотского моря является его замкнутость и изученность приливного режима во многих пунктах побережья, что позволяет проводить качественную проверку численных моделей, граничных условий и методов генерации волновых колебаний уровня и течений.

К особенностям Охотского моря следует отнести также большие по площади мелководные акватории Пенжинской губы и в районе Шантарских островов, что обуславливает зарождение длинноволновых колебаний уровня моря с периодом, близким к суточному, и с большими амплитудами приливных волн; в заливах Терпения и Анива, напротив, зарождаются ярко выраженные аккорды высокочастотных колебаний.

Выполненные в последнее время вычислительные эксперименты по изучению гидродинамического режима в Охотском море позволяют надеяться на успешную реализацию моделирования приливного режима в длинноволновом приближении, который может выполняться в реальном времени, показывая особенности приливных колебаний уровня моря и приливных течений в любой точке акватории, на текущий момент оперативного комплексного мониторинга состояния моря.

### **Результаты оценки собственных длинноволновых колебаний на акватории Охотского моря**

Приливные колебания уровня моря по своей природе являются вынужденными: возникаю-

щими под воздействием астрономических сил, сил притяжения Луны и Солнца. Величина чистого геопотенциала соответствует суточному циклу изменения уровня моря с амплитудой около 70 см (*при совместном воздействии светил*), которые в среднем и наблюдаются в открытом океане.

Амплитуды приливных волн в Охотском море достигают 12 метров на севере, в Пенжинской губе, и 8 метров на западе, в районе Шантарских островов. Очевидно, что превышение приливного уровня над величиной, обоснованной внешними силами, может быть обосновано только резонансными свойствами прибрежных акваторий, в которых и происходит резонансное усиление или накопление длинноволновой энергии на близких к резонансным частотах.

Второй важный фактор, изучение которого ставилось целью при проведении вычислительного эксперимента, - феномен генерации высокочастотных, с периодом менее 12 часов, приливных волн. В природе, так же как и в вычислительном эксперименте, под воздействием вынужденных гармонических колебаний не мо-

гут проявиться высокочастотные гармоники, кроме как под воздействием нелинейных эффектов. В природе, к примеру, высокочастотные резонаторы могут возникнуть за счет вихреобразования в приливных течениях около береговых мысов или мелководных банок. В вычислительном эксперименте на основе длинноволновой модели вихревые эффекты не контролируются, что обусловлено открытой расчетной схемой со свойствами гиперболической системы дифференциальных уравнений. В этом случае высокочастотные резонаторы могут проявиться только как результат разрушения гладкости решения, например при несоблюдении аппроксимационных критериев на мелководье.

Теоретически можно показать [Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М., 1982], что аппроксимационные нарушения (аппроксимационная вязкость) по физической сути своей аналогичны вязкости жидкости, где величина аппроксимационной вязкости линейно зависит от шага расчетной сетки. К сожалению, в настоящее время еще не разработано алгоритмов выполнения вычислительных экспериментов на неравномерных и нерегулярных сетках, поэтому в вычислительных экспериментах приходится просто минимизировать аппроксимационные погрешности, в результате чего при моделировании приливного режима в Охотском море восстановление высокочастотных гармоник вызывает некоторые трудности технического характера.

Из вышесказанного следует, что приливной режим Охотского моря в наибольшей степени определяется резонансными свойствами его мелководных шельфовых акваторий. Практически все приливные гармоники Охотского моря превышают величину, определяемую геопотенциалом, в шельфовых акваториях Охотского моря наблюдаются высокочастотные гармоники с периодами в 4 и 6 часов. Поэтому первым вычислительным экспериментом является исследование собственных частот колебания уровня Охотского моря в диапазоне приливных частот.

Для оценки собственных колебаний был выполнен расчет отклика на единичный длинноволновой импульс, вошедший в Охотское море через Курильские проливы со стороны Тихого океана. Общая длительность моделируемого физического процесса составила 4 месяца. Для ускорения вычислений использовалась батиметрическая карта в меркаторской проекции, что позволило снизить погрешности, связанные с исключением из расчетов сферических поправок.

Каждый из построенных ниже рисунков соответствует периоду собственной моды длинноволновых колебаний в Охотском море, для которого на спектрограммах наблюдался ярко выраженный экстремум, переходящий от точки к точке на поверхности моря. Показательным фактором оказалось то, что только для найденных таким образом спектральных частот фазовые поверхности, построенные между смежными точками наблюдения, образовывали на поверхности Охотского моря почти идеальные плоскости, с крутыми  $\pi$ -переходами на линиях смежных фаз. Фазовые поверхности изображены в правом столбце нижеприведенной таблицы рисунков.

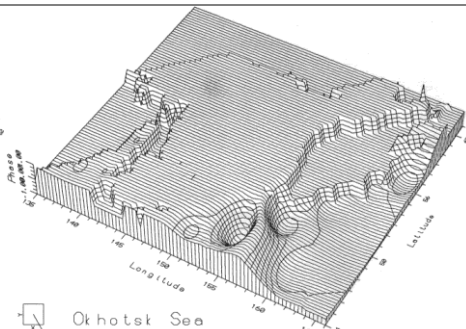
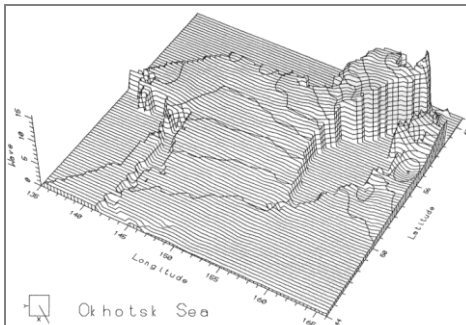
В левом столбце изображены поверхности передаточных функций, которые по физическому смыслу соответствуют коэффициентам усиления длинных волн, при взаимном сравнении амплитуд между точками наблюдения на поверхности Охот-



ского моря. Показательным оказалось то, что поверхности передаточных функций по форме очень похожи на распределение наблюдаемых на поверхности моря амплитуд гармонических постоянных, - на соответственно близких частотах.

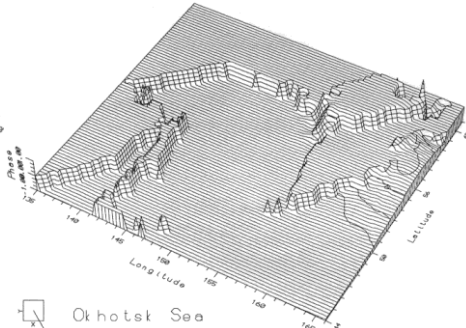
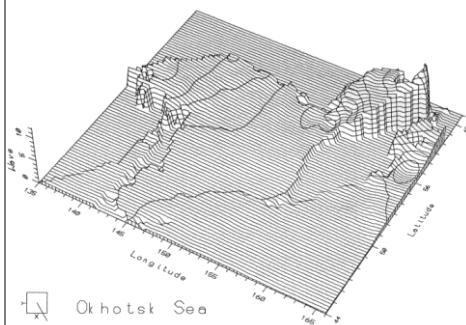
Передаточная функция  
(оценка амплитуды)

Фазовые поверхности  
(стоячие волны)



23<sup>h</sup> 48<sup>m</sup>

Главная мода собственных колебаний, где в качестве стоячей волны откликается вся поверхность Охотского моря (с особенностью в вершине Пенжинской губы). В прилегающей к Курильским островам акватории Тихого океана эта волна рассеивается, образуя прогрессивные волны с фазовыми изолиниями подобно котидальным линиям суточных приливов

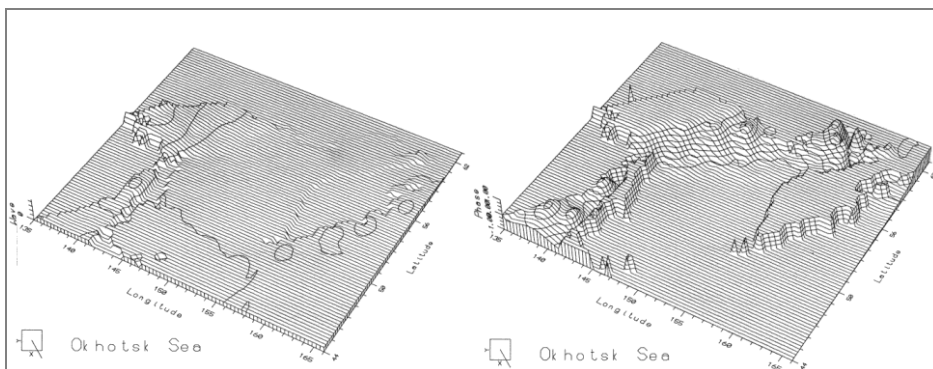


16<sup>h</sup> 10<sup>m</sup>

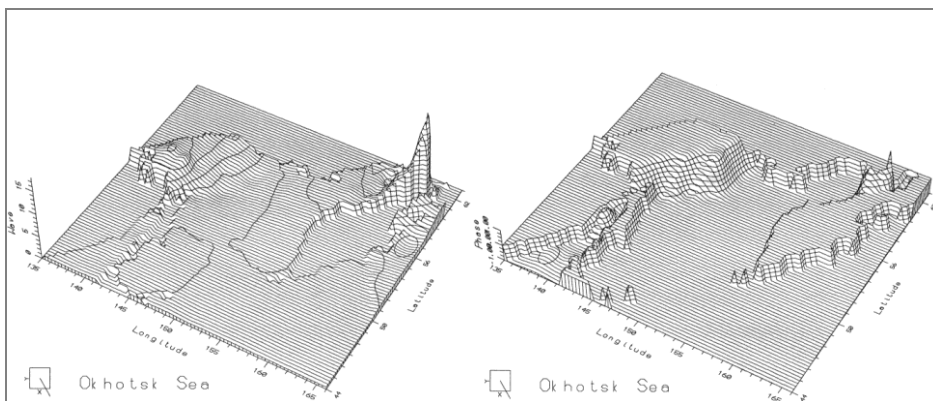
Собственное колебание Пенжинского залива, ограниченное с севера Пенжинской губой и с юга - морской границей, отмечающей сужение пролива между мысом Южный на полуострове Камчатка и Ямскими островами на материке. Охотское море откликается на это колебание всей своей поверхностью, с плавным усилением интенсивности в направлении к мелководным акваториям вблизи Шантарских островов

Передаточная функция  
(оценка амплитуды)

Фазовые поверхности  
(стоячие волны)



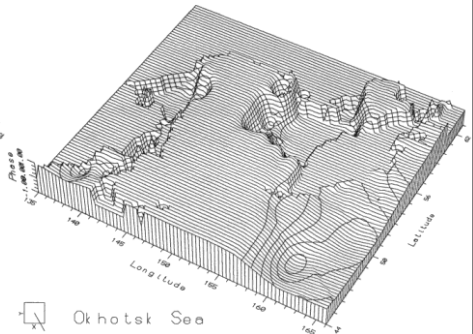
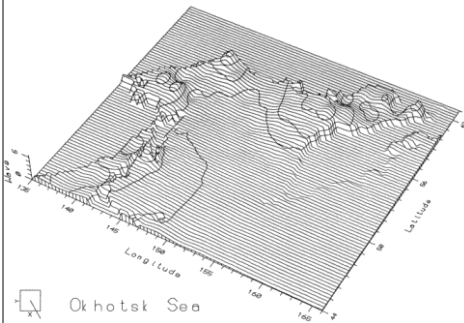
12<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> Полусуточное колебание моря, зарождающееся на мелководье вблизи Шантарских островов. Волна не рассеивается на североохотоморском шельфе, получая усиление, без образования стоячей волны в Пенжинском заливе. Южная глубоководная часть Охотского моря откликается на данную длинную волну всей своей поверхностью



9<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> Вторая стоячая волна, с морской вершиной вблизи Шантарских островов. Колебание получает полноволновой отклик в Пенжинской губе, с противоположными фазами в ее Южной и Северной акваториях. Показательно то, что линия смены фаз совпадает с аналогичной линией для 12 часовой волны, но пик усиления находится уже не на побережье, а в море, - мористее Шантарских островов

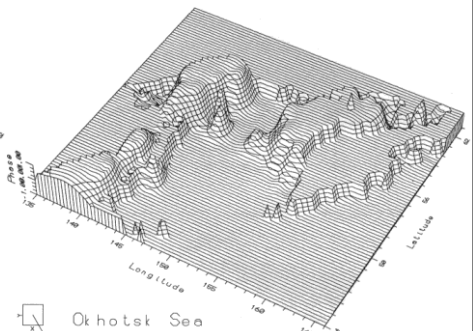
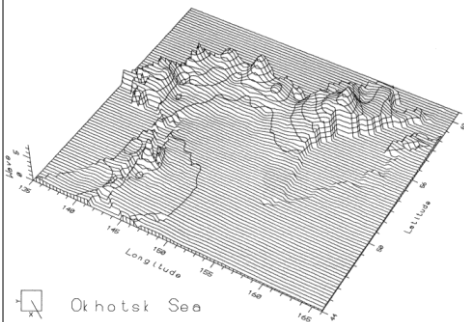
Передаточная функция  
(оценка амплитуды)

Фазовые поверхности  
(стоячие волны)



6<sup>ч</sup> 41<sup>м</sup>

Ярко выраженная стоячая волна с четырьмя границами смены фаз. Центральная узловая линия проходит по изобатам, разделяющим Охотское море на глубоководные участки, показывая тем самым, что природа собственных колебаний связана с геометрическими особенностями батиметрии, и стоячие колебания возникают внутри естественных границ, образуемых склонами с наибольшими градиентами наклона морского дна



5<sup>ч</sup> 18<sup>м</sup>

Колебание уровня моря, образованное комплексом сейшевых всплесков на северном побережье Охотского моря, через которые происходит обмен волновой энергией между Пенжинским заливом и акваторией Шантарских островов. В южную часть Охотского моря эти волны проникают как прогрессивные, где они поддерживаются колебанием с постоянной фазой, получая усиление только в вершине залива Терпения

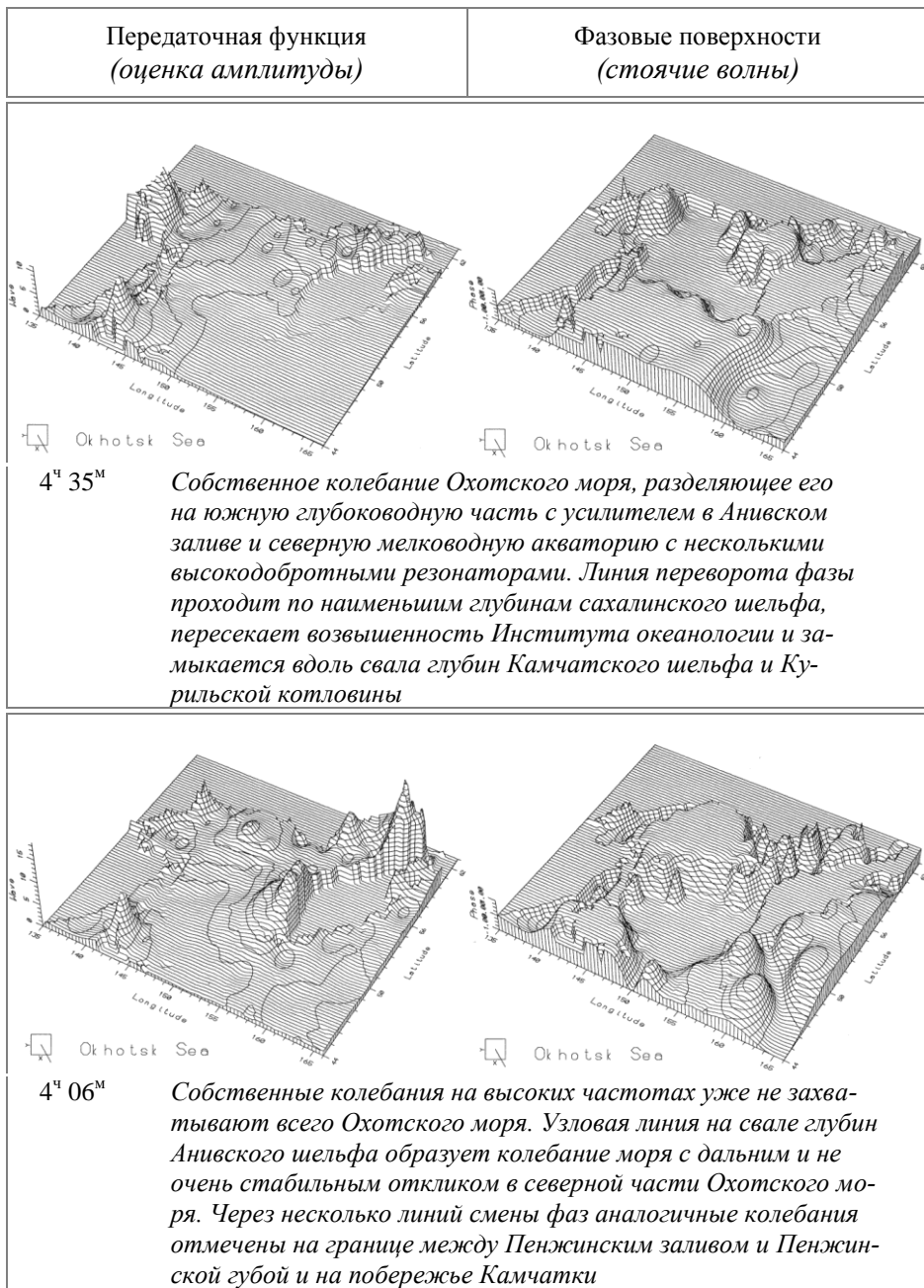
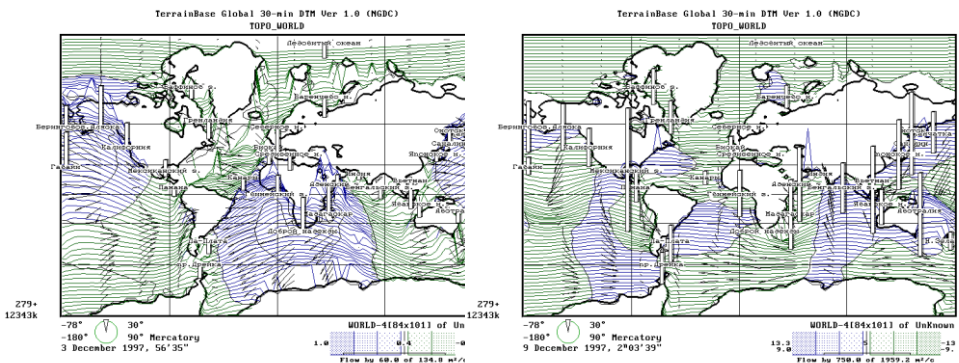


Рисунок 23. Таблица рисунков с иллюстрациями распределения амплитуд и фазовых поверхностей для собственных длинноволновых колебаний уровня моря на поверхности Охотского моря.

Все рисунки даются с краткими авторскими комментариями, которые показывают, что полусуточные и более длинные приливные волны захватывают в свою динамику всю поверхность Охотского моря, в то время как высокочастотные волны стабилизированы только на участках шельфа вблизи узловой точки - резонатора. Из выполненного вычислительного эксперимента легко делается вывод, что в Охотском море возникает строго детерминированный аккорд длинноволновых колебаний, в котором не содержатся каких-либо промежуточных или нестабильных во времени частот. Полученное распределение амплитуд для различных периодов собственных волн, по сути, соответствует распределению амплитуд гармонических постоянных, измеренных на соответствующих участках побережья.

### Результаты прямого численного моделирования приливного режима в Охотском море

Алгоритм восстановления приливного поля реализован специально для использования в условиях оперативных служб, осуществляющих наблюдение за наводнениями и цунами. В условиях информационно-аналитического центра наблюдения за состоянием моря на одном из компьютеров необходимо выполнять непрерывное моделирование приливного режима для Охотского моря в целом. Тогда в случае получения из оперативных служб СахУГМС прогноза о траектории и интенсивности циклона или при поступлении данных о цунамигенном землетрясении на сопряженном компьютере или непосредственно на метеопосту СПБУ можно продублировать моделирование для конкретной акватории сахалинского шельфа и по уже сбалансированному приливному полю поставить прогнозные моделирование для оценки опасности штормовых нагонов или волн цунами.



а) первый час моделируемого приливного процесса б) на седьмые сутки форма приливной волны становится близкой к реальности

Рисунок 24. Изображение на графическом экране ЭВМ в процессе проведения вычислительного эксперимента по прямому моделированию приливного режима для всего земного шара. Прилив вызывается воздействием гравитационных полей Луны и Солнца. Исходя из пространственных аппроксимационных критериев, обусловленных ограниченными вычислительными ресурсами, из расчетов исключается большая часть континентального шельфа

Для тестирования приливных моделей необходимо проводить прямые вычислительные эксперименты на акватории всего Мирового океана, что, с учетом ограниченных вычислительных ресурсов, позволяет сделать только качественную оценку корректности физической постановки задачи.

Охотское море является уникальным регионом для исследования приливного режима и режима течений в частично замкнутых акваториях, так как для него возможно разделение приливообразующих сил на внешние, приливные волны, пришедшие из Тихого океана, и внутренние – образовавшиеся под влиянием астрономических сил непосредственно на поверхности Охотского моря. Важным фактором для выбора Охотского моря является изученность приливного режима во многих пунктах побережья, что позволяет проводить качественную проверку численных моделей, граничных условий и методов генерации волновых колебаний уровня и течений.

Учитывая, что приливной режим Охотского моря определяется в основном свойствами его шельфовых акваторий, как резонаторов длинноволновых колебаний в диапазоне приливных волн, постановку вычислительного эксперимента должно предварять изучение свойств этих шельфовых резонаторов.

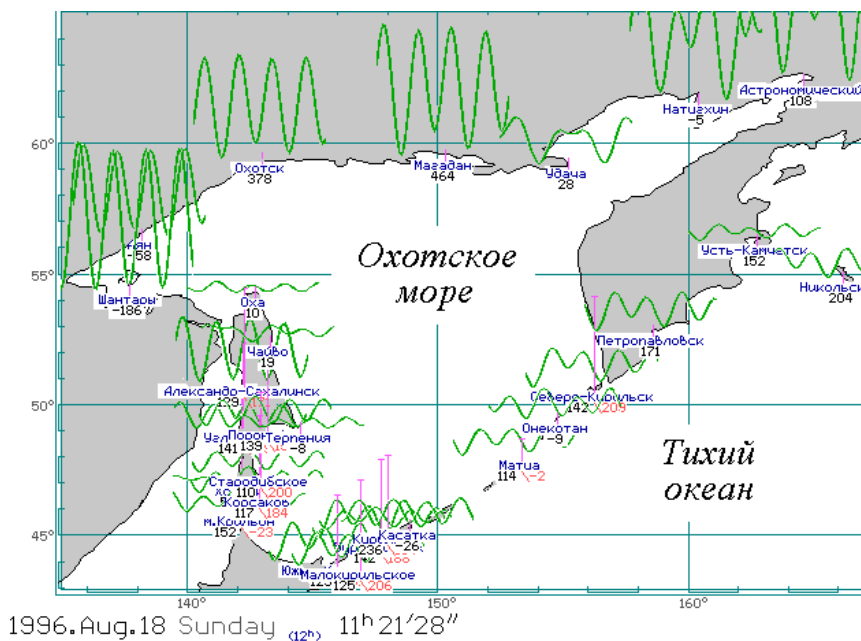


Рисунок 25. Обзорная карта приливного режима для побережья Охотского моря, построенная с использованием гармонических постоянных.

Полусуточная составляющая прилива M2 очень быстро приводит всю акваторию Охотского моря в режим вынужденных колебаний, если внешнее возмущение будет задаваться вдоль островов и проливов Курильской гряды. Особенно сильно приливной компоненты M2 для Охотского моря является то, что один из ее

котидальных узлов расположен как раз в районе освоения нефтепромыслов на сахалинском шельфе, и положение этого узла оказалось очень чувствительным к используемому в вычислительной модели коэффициенту придонного трения. Так, если воспользоваться стандартным для северных морей коэффициентом:  $K_v = 0.0025$ , то котидальный узел исчезает с поверхности Охотского моря, при этом по фазовым линиям видно, что он смещен далеко в глубь острова Сахалин. Если же при моделировании не используется донное трение, то узел смещается от побережья Сахалина далеко в море.

Обнаружение управляемой чувствительности местоположения котидального узла позволило установить этот узел в нужное место путем подбора коэффициента придонного трения. Для конкретных условий проведения вычислительного эксперимента этот коэффициент оказался равным:  $K_v = 0.0013$ . При этом не делается оценок о реальном коэффициенте донного трения, так как разница  $\delta K_v = 0.0012$ , по сравнению с общепринятым  $K_v = 0.0025$ , может быть обусловлена вязкостными свойствами сеточной схемы, использованной в вычислительной модели.

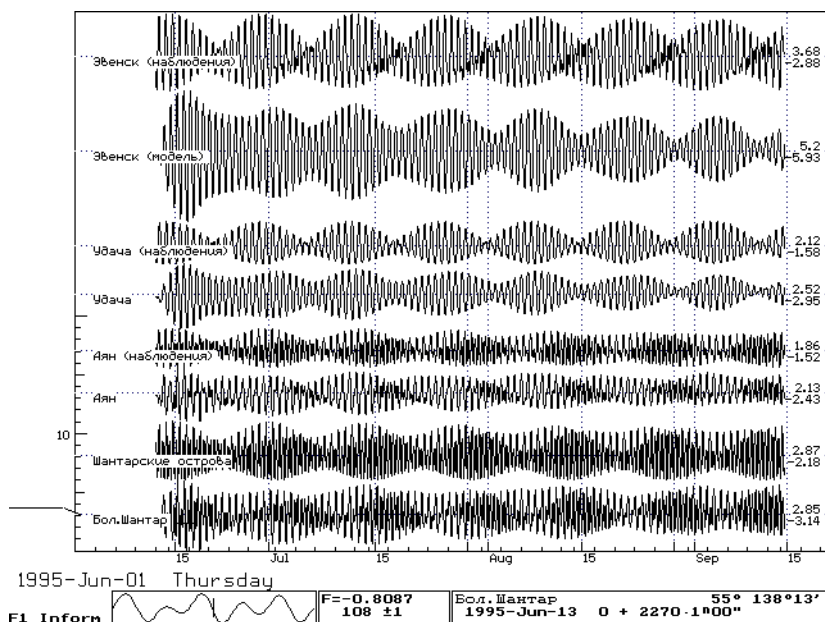


Рисунок 26. Мореографные записи уровня моря в различных постах наблюдения, полученные при проведении вычислительного эксперимента по восстановлению приливного режима в Охотском море. Вычисления производились на 20-километровой батиметрии. Цифры справа показывают максимальные и минимальные значения уровня моря, зарегистрированные в изображенном интервале времени. Отметки на левой границе задают масштабную шкалу с шагом 1 метр

Для качественного восстановления приливного режима в Охотском море были установлены генераторы уровня моря в районе Северо-Курильска, вблизи острова

Матуа, бухты Касатка, Курильска и поселка Малокурильское, а также в проливе Лаперуза на мысе Крильон и вблизи порта Корсаков. Оценка качества восстановленного прилива производилась по точкам в вершине Пенжинской губы и в районе Шантарских островов.

В приведенном эксперименте выполнено моделирование, которое имеет длительность в реальном времени около 1 года. К сожалению, получение такого материала невозможно на более подробных батиметрических картах (расчетная сетка имела шаг около 40 км), что обусловлено отсутствием в СКБ САМИ соответствующей по производительности вычислительной техники.

Мореографные записи, полученные в процессе установления вычислительного процесса, моделирующего приливный режим в Охотском море. На основании этих записей (рисунок 26) можно сделать вывод о том, что качественное установление формы приливных колебаний происходит примерно через неделю расчетного времени.

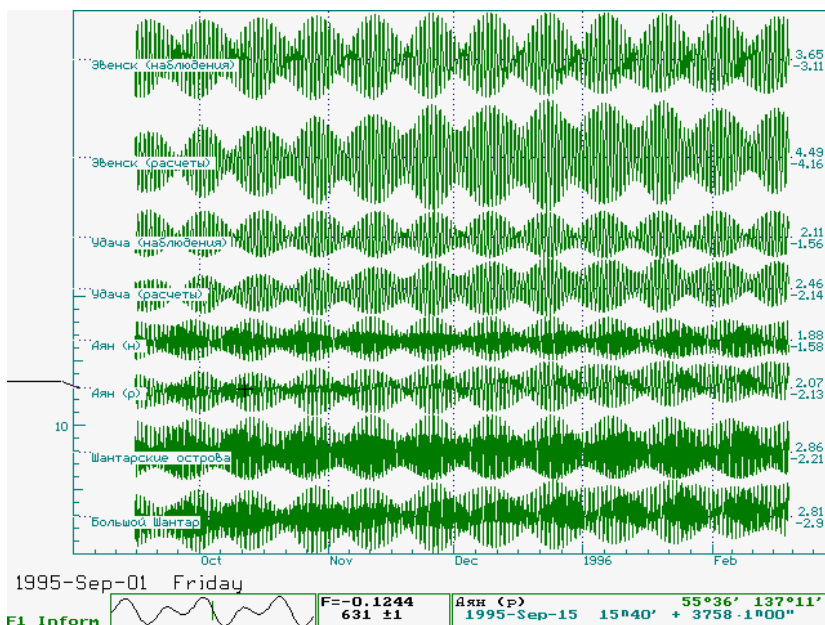


Рисунок 27. Парное сравнение наблюдаемого (верхний ряд, без подписи названия) и восстановленного (нижний ряд с названием) прилива в нескольких пунктах Охотского моря, удаленных от генераторов вынужденных колебаний. Цифры справа показывают максимальные и минимальные значения уровня моря. Отметки на левой границе задают масштабную шкалу с шагом 1 метр

На основе численного анализа этих мореограмм делается вывод о длительности процесса установления приливных (вынужденных) колебаний Охотского моря, равного примерно одному месяцу. Этому сроку соответствует стабилизация среднего уровня моря во всех точках расчетной области - очень любопытного процесса, который можно использовать для моделирования постоянных течений,



возникающих в том случае, если средний уровень в точках генерации приливных волн удерживать не на нулевой отметке.

С помощью попарного сравнения мореграмм делается вывод о факте качественного восстановления приливного режима в Охотском море. Хорошо видно (рисунок 27) угасание высокочастотных составляющих прилива, а также появление новой, пока не исследованной вычислительной проблемы, связанной с полугодовым изменением хода огибающей прилива в пункте Эвенск.

В настоящей версии программы реализованы также алгоритмы для моделирования воздействия атмосферных циклонов и цунами, численное моделирование которых может выполняться совместно или с участием предварительно стабилизированных приливных полей.

Так как речь идет об использовании вычислительных экспериментов в условиях действующих оперативных служб, то практическую значимость такое моделирование приобретет только после сопряжения компьютеров, выполняющих расчеты с источниками цифровой информации, поступающей из СахУГМС и СахОМСП, которая должна использоваться в численном моделировании для уточнения или адаптации вычислительного мониторинга к реальной обстановке на море.

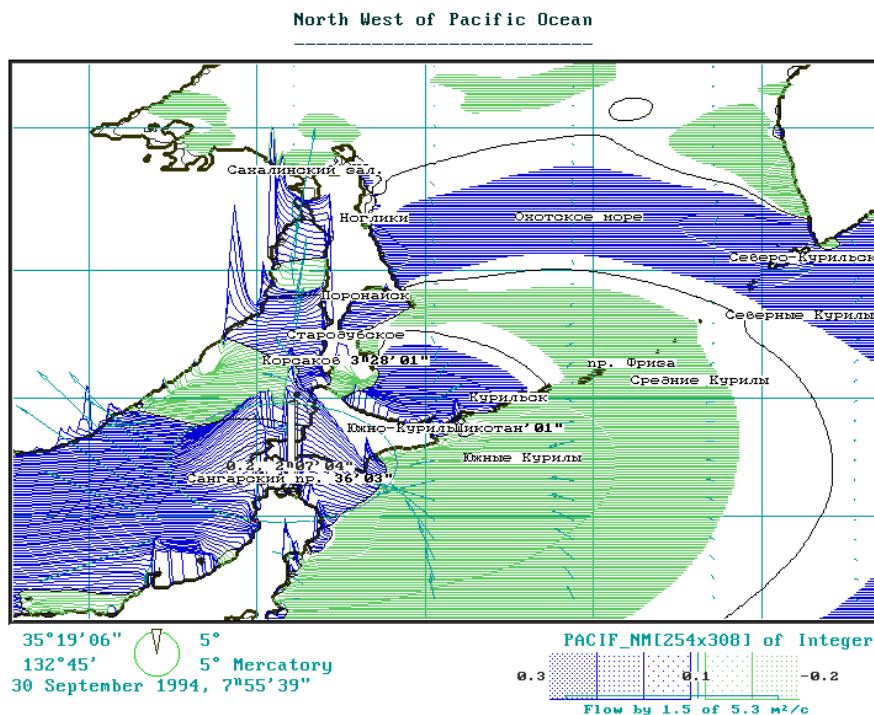


Рисунок 28. Характерное изменение уровня моря и проявление сейшевых колебаний вблизи побережья под воздействием циклона, прошедшего над Южными Курилами 30 сентября, за 5 дней до землетрясения, и цунами 4 октября 1997 года. Величина экстремальных уровней моря в расчетной области пока не превышает 30 см, наблюдаемых на приморском побережье Татарского пролива

### Оценка гидродинамики шельфа Южных Курил

Прямые вычислительные эксперименты предназначены для непосредственного и полного моделирования гидродинамических процессов. Они требуют больших вычислительных ресурсов и позволяют получать результаты после проведения длительных во времени расчетов. Тем не менее всегда можно подобрать исходные данные таким образом, чтобы моделируемые процессы протекали быстрее, чем реальные морские явления, обеспечивая решение прогностических задач. На практике такое моделирование может выполняться в фоновом режиме, непрерывно показывая развитие опасных морских явлений на экране ЭВМ. Соответственно, по мере поступления уточненных данных с постов наблюдения, моделируемые процессы должны либо адаптироваться к уточненным исходным данным, либо возобновлять моделирование с использованием новых условий.

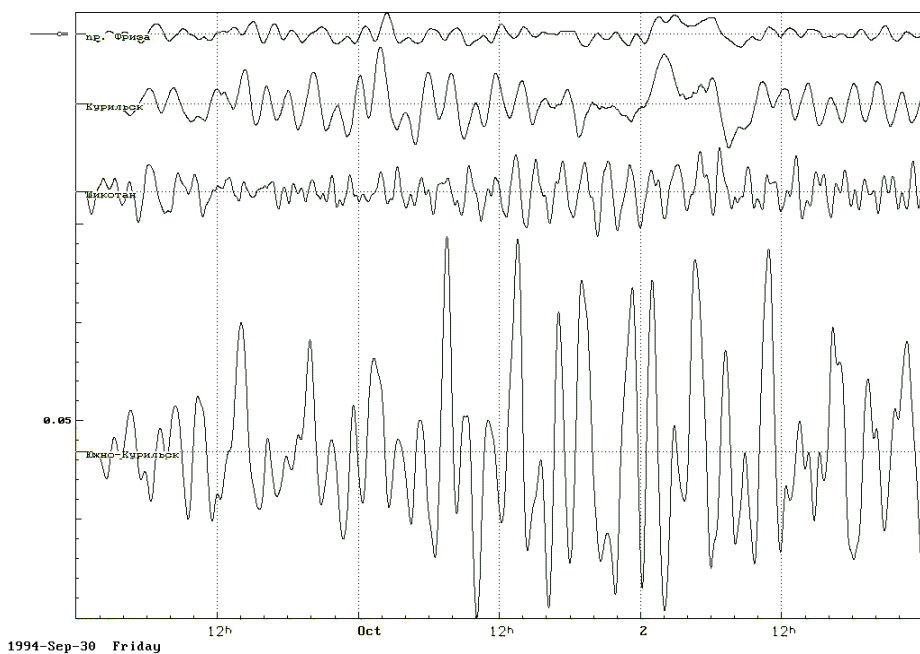


Рисунок 29. Проявление циклона 30 сентября 1994 года (сверху вниз) в проливе Фриза, вблизи Курильска, острова Шикотан и на шельфе вблизи Южно-Курильска. На левой границе рисунка показана шкала амплитуд с отметками через 5 см.

По результатам численного моделирования циклона 30 сентября 1994 г. (рисунок 28) можно сделать оценку длинноволнового отклика в различных береговых пунктах Южно-Курильского пролива. Еще раз отмечается, что атмосферные циклоны всегда возбуждают собственные колебания именно в мелководных прибрежных акваториях, интенсивность которых наиболее сильно проявляется на частотах, близких к аккордам собственных колебаний, характерных для данного участка шельфовых акваторий.

Результаты вычислительных экспериментов показывают, что акватория Южных Курильских островов должна быть отнесена к районам наибольшей повторяемости опасных морских явлений. Повышенная концентрация длинноволновой энергии на ограниченной акватории может иметь следствием повышенную изменчивость нагрузки на морское дно, что, в свою очередь, может привести к повышению сейсмической активности данного региона.

Необходимо также отметить, что непосредственная близость к Южным Курилам глубоководной Курильской котловины обеспечивает быстрое распространение длинноволновой энергии на всю акваторию Охотского моря, что и было отмечено добавочными длинноволновыми колебаниями на мореографах в поселках Курильске и Стародубском.

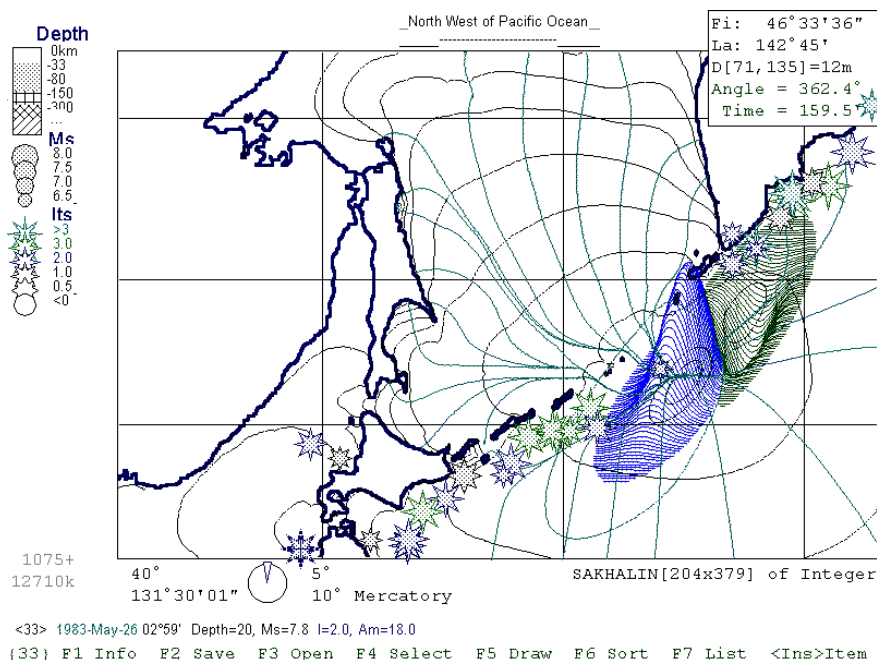
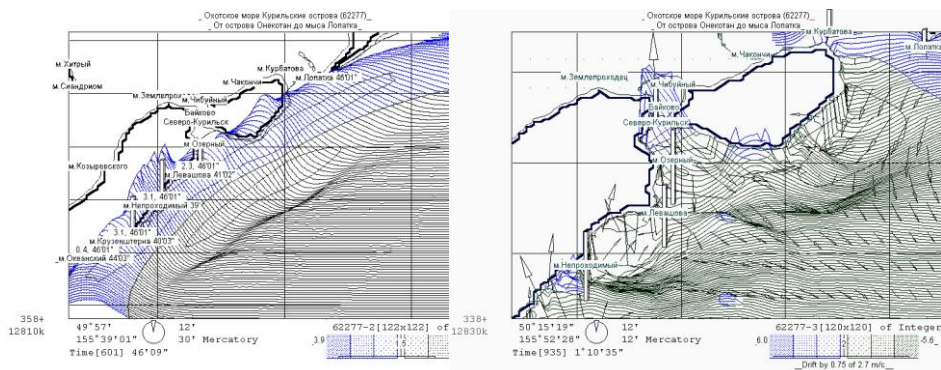


Рисунок 30. Пример изображения на терминале вычислительного комплекса при анализе обстановки на море перед подготовкой к вычислительному эксперименту по моделированию цунами: выборка из базы данных сильнейших землетрясений и цунами; оперативный расчет времен пробега и лучевой картины от источника цунами; постановка начальных условий для моделирования на основе эмпирического очага цунами

Последний вывод не имеет безусловного характера, но поиск связи между такими событиями может быть вполне интересен. Подобные предположения могут быть проверены с помощью информации, встроенной в вычислительные эксперименты в виде компьютерных каталогов событий цунами (рисунок 30) и в виде архивов цифровых мореографных записей приливов, штормовых нагонов и цунами.



а) подход волны цунами к побережью острова Парамушир через 40' после землетрясения

б) волна цунами достигает Северо-Курильска через 1ч.10'

Рисунок 31. В процессе проведения численного моделирования распространения цунами вблизи Северных Курил

Рисунок 30 иллюстрирует процесс выполнения вычислительного эксперимента по оперативному моделированию распространения волны цунами. Такой расчет начинается с большой батиметрической карты, охватывающей всю область возможного воздействия цунами. Затем производится переинтерполяция всех гидрофизических полей для переноса их на более подробную батиметрическую карту, учитывающую особенности конкретного участка побережья (рисунок 31-а). Моделирование воздействия цунами на конкретный населенный пункт выполняется после повторной переинтерполяции всех расчетных полей для уточненного воспроизведения геометрических особенностей морского дна (рисунок 31-б).

## 2.2. Опыт создания компьютеризированного гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа

Наряду с техническим совершенствованием персональных компьютеров (увеличение быстродействия, памяти и т.д.) быстрыми темпами развиваются и новые компьютерные технологии. Среди них особое место занимают Географические Информационные Системы (ГИС). ГИС-технологии наиболее успешно используются для решения прикладных задач с применением картографических баз данных. Обработка ими географических данных позволяет реализовать возможность многовариантной визуализации интересующих пользователя объектов и территорий, а также поиска и анализа связей между этими объектами.

В настоящее время на рынке информационных систем предлагается широкий выбор программных оболочек, например, MAPINFO, ATLAS GIS и др. Они обеспечивают принципиально новые возможности экспертизы хозяйственных проектов, систематизации и быстрой выдачи кадастровой информации, например, для мониторинга и управления природными ресурсами.

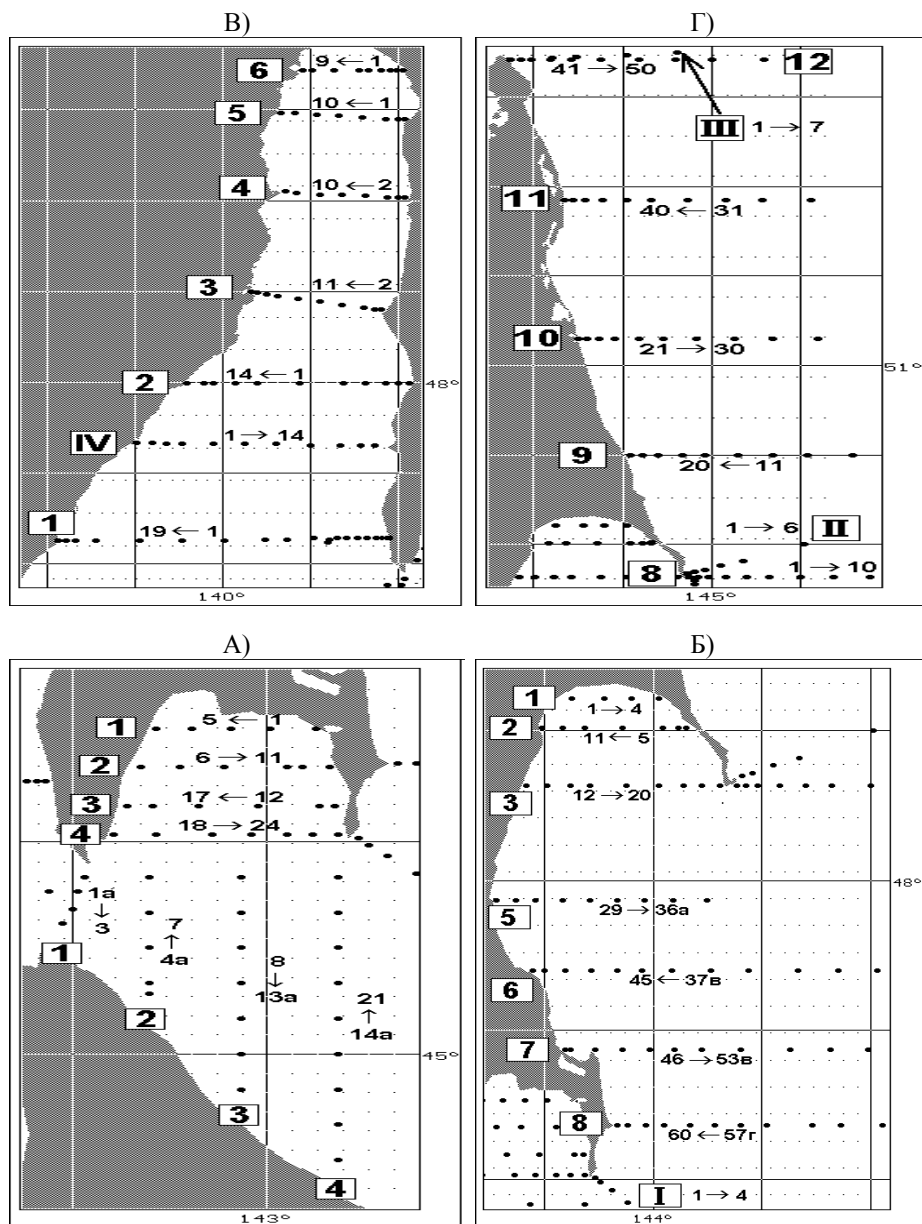


Рисунок 32. Схема расположения гидрологических разрезов и узлов регулярной сетки по районам: А) залив Анива и пролив Лаперуза; Б) залив Терпения; В) Татарский пролив; Г) северо-восточный шельф острова Сахалин; [•] - стандартные гидрологические станции; [-] - узлы регулярной сетки; [1→5] - последовательность нумерации станций на разрезе; [2] - номер стандартного разреза; [II] - номер векового разреза

Вместе с тем при кажущейся теперь простоте решения задач картографического представления океанографических данных (особенно режимных), в этой области не отмечено большого прогресса. Особенность океанографической информации заключается в том, что она дискретна во времени и в пространстве, а изученность отдельных районов океанов и морей может различаться на порядки. Поэтому получить картину, адекватно отражающую реальное распределение параметров как в хорошо, так и в малоизученных районах, весьма непросто.

В этой связи представляется целесообразным использовать опыт работы по созданию компьютерной версии гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа, который можно рассматривать как упрощенную модель океанографической геоинформационной системы.

### ***Принципы формирования базы данных для гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа***

Первоочередной задачей при создании любого режимного пособия является количественный и качественный анализ исходной информации, на основе которого определяется методология ее обработки. Базу данных для атласа было решено формировать на основе океанографических съемок, выполненных на стандартной сети станций в шельфовой зоне Сахалина (рисунок 32), принимая во внимание две основные характерные особенности, присущие этим данным:

- 1) преимущественно комплексный характер наблюдений, а следовательно, возможность применения многовариантного контроля качества информации;
- 2) условия производства наблюдений - это специально оборудованные суда и квалифицированный персонал.

Таблица 10. Количественный и качественный состав информации, использованной для построения компьютеризированного атласа сахалинского шельфа

Район/Параметр	T°C	S°/∞	O <sub>2</sub>	PH
Залив Анива	4288	2702	603	581
Пролив Лаперуза	1719	1540	677	438
Залив Терпения	4257	3322	1753	1297
Татарский пролив	6802	4762	2354	1566
Северо-вост. шельф	1293	1154	789	485
Всего	18359	13480	6176	4367
Район/Параметр	Alk	PO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	SiO <sub>3</sub>
Залив Анива	-	257	263	295
Пролив Лаперуза	26	145	103	167
Залив Терпения	499	424	385	466
Татарский пролив	280	440	456	463
Северо-вост. шельф	179	226	250	259
Всего	984	1492	1457	1650

Помимо этого, обработка наблюдений в точках со строго фиксированными координатами в значительной мере упрощает математическую часть задачи в части выбора метода и задания условий интерполяции данных. Таким образом, за логическую единицу информации принималась стандартная глубоководная станция, на которой были произведены наблюдения за вертикальным распределением одного или нескольких параметров. В свою очередь станции сводились в стандартные океанографические разрезы. Для каждой станции на разрезе требовалось соблюдение следующих условий:

1) принимая во внимание точность определения местоположения судов в море (особенно в 50-60-х годах) и дрейф судна в период выполнения работ, в качестве стандартной принималась станция, отстоящая не более 5 миль в открытом море и 2-3 миль в прибрежной зоне от точек с фиксированными координатами [Пищальник, Климов, 1991, с.155-166];

2) отсутствие пропусков наблюдений на стандартных горизонтах. Станции, выполненные в фиксированных точках, но имеющие наблюдения только на поверхности, или в поверхностном и придонном горизонтах, или имеющие пропуски наблюдений на трех и более горизонтах подряд (кроме трех последних), - отбраковывались. Глубина наблюдений ограничивалась горизонтом 500 м.

Для выбора таких станций, при каталогизации данных, в каждом районе шельфа учет информации, полученной на стандартных гидрологических разрезах и вне их, производился раздельно. Поскольку наблюдения на большинстве разрезов выполнялись в течение суток, то все съемки разрезов относились к одной дате. Это значительно упростило временной контроль информации и позволило исключить случайное попадание станций из других съемок. Таким образом, на стандартном разрезе мы получали вертикальное распределение параметра на определенную дату.

Эта информация и являлась базовой основой для построения компьютеризированного атласа (таблица 10).

По всем параметрам в целом, для построения атласа было использовано около 48 тыс. глубоководных наблюдений за их вертикальным распределением. Сопоставляя эти данные с общим количеством станций (см. таблица 10), можно отметить, что на стандартных разрезах для различных параметров в среднем было собрано от 50 до 70 % всей учтенной информации (здесь следует обратить внимание на то, что в таблицу 3 включены сведения по Татарскому проливу, поскольку он является составной частью атласа, и в то же время отсутствует Сахалинский залив по причине недостаточности наблюдений для расчета режимных характеристик).

Количественная характеристика наблюдений на отдельных разрезах приведена в таблице 11. Поскольку за стандартный принимался разрез, на котором выполнено не менее 2/3 от количества расположенных на нем станций, то в таблице имеется несоответствие между числом съемок разреза и количеством имеющихся на нем станций.

Распределение съемок по отдельным разрезам крайне неравномерно. В границах районов наиболее обеспеченными наблюдениями являются вековые разрезы. Наиболее изученным из районов является залив Анива, а максимальное число

съемок (205) было выполнено на разрезе № 4 м.Анастасии - м.Анива. Однако восстановление временных рядов с применением современных технологий пока не позволяет получить достоверной оценки их межгодовой и сезонной изменчивости.

Таблица 11. Количество глубоководных станций и число съемок относительно температуры воды на отдельных разрезах

Залив Анива							
Номер разреза	1	2	3	4			
Количество станций	871	1006	988	1423			
Число съемок	175	170	165	205			
Пролив Лаперуза							
Номер разреза	1а	1	2	3	4	1в	
Количество станций	139	233	217	331	444	795	
Число съемок	30	65	55	53	55	89	
Залив Терпения							
Номер разреза	1	2	3	5	6	7	8
Количество станций	296	504	689	643	797	746	582
Число съемок	76	70	88	82	80	83	63
Татарский пролив							
Номер разреза	1	2	3	4	5	6	4в
Количество станций	1476	825	648	676	617	670	1890
Число съемок	72(98)	79	74	84	51(101)	47(95)	158
Северо-восточный шельф							
Номер разреза	8	9	10	11	12	2в	3в
Количество станций	132	186	206	209	95	231	234
Число съемок	15	20(12)	26(12)	24(17)	11(7)	42	38

Примечание: - в скобках указано число съемок в восточной части разреза

### **Методология обработки исходных данных**

Одной из особенностей обработки океанографической информации, полученной в фиксированных точках, является то, что к ней можно применять более жесткие критерии по качеству, что позволяет значительно уменьшить ее зашумленность и тем самым в какой-то мере компенсировать количественные потери за счет неучета определенной части данных. Поскольку объем наблюдений на сахалинском шельфе небольшой (особенно в части гидрохимии и загрязнения), то и идеология контроля качества данных была направлена не на физическую отбраковку, а на выяснение причин возникновения брака и возможности его устранения с целью сохранения информации.

Весь процесс подготовки исходных массивов к обработке условно можно подразделить на три этапа:

1. Логический контроль и устранение грубых ошибок при фильтрации массивов в физических пределах изменения элемента;



2. Предварительная статистическая обработка массивов с целью выявления выбросов во временном ходе параметров;

3. Комплексный контроль и анализ графиков временного хода на каждой станции по всем горизонтам, а также графиков вертикального распределения всех параметров и выявление скрытых ошибок.

Характерными ошибками первого этапа являются преимущественно механические ошибки операторов при заноске информации на технические носители. Например, легко поддаются исправлению абсурдные значения температуры как 44°C или солености воды 66‰. Так же свободно выявляются грубые ошибки в сроках наблюдений (обычно это месяц) при анализе массивов отсортированных по возрастанию дат.

Специфической особенностью этого этапа являлось восстановление отрицательных значений температуры воды в подповерхностном холодном слое воды в зоне охотоморского шельфа. Предположительно знак был утерян при подготовке ежегодников во время переноса данных из гидрологических книжек. Восстановление знака производилось экспертным путем при анализе вертикального хода температуры. Необходимым условием для этого являлось наличие явно выраженного перехода абсолютных значений температуры через 0°C при учете местоположения станции и даты съемки. Дополнительно использовались также данные вертикального распределения других параметров на данную съемку. И тем не менее часть информации по этой причине была отбракована.

Предварительная статистическая обработка массивов позволила завершить устранение пропущенных грубых ошибок первого этапа и подготовить материал для следующего этапа логического контроля, где комплексный анализ графиков годового хода средних многолетних значений параметров на каждом горизонте позволил выявить ошибки, обусловленные некорректным применением методов анализа, что особенно характерно для гидрохимических определений (например, ошибки допущенные при определении поправки к титру раствора азотнокислого серебра по нормальной воде).

Следует обратить внимание еще на одну особенность подготовки гидрохимических данных. Как уже отмечалось, из-за больших временных затрат на производство анализов гидрохимические наблюдения производятся "через станцию". В практике работ эти станции постоянны [Пищальник, Климов, 1991, с.155-166], но имелся ряд съемок со смещением наблюдений на соседние. В таких случаях с целью сохранения информации при выполнении ряда условий (наличии полноценной съемки на разрезе, отсутствии резких, скачкообразных изменений элемента) производилась интерполяция значений по горизонтам на постоянные гидрохимические станции. Этот прием позволил на 10-15% повысить обеспеченность наблюдений, главным образом за растворенным в воде кислородом и водородным показателем.

В целом, предложенный подход к критическому контролю исходных данных позволил сохранить более 1/3 первоначально предназначенной к отбраковке информации, а возможность при любых сомнениях оперативно обращаться к первоисточникам свела до минимума вероятность внесения субъективных ошибок в естественный ход процесса.

Подготовленные таким образом ряды исходных данных подвергались окончательной статистической обработке, суть которой заключалась в следующем. Из литературы известно, что пространственно-временная изменчивость гидролого-гидрохимических процессов в морской среде обусловлена взаимодействием большого числа факторов различной природы, периодичности и мощности. Поэтому их относят к классу случайных процессов, представляющих собой функции непрерывно меняющегося аргумента во времени, значения которого суть случайные величины.

Согласно [Гаскаров, 1978], выборочные совокупности глубоководных наблюдений по отдельным элементам, положенные в основу расчета осредненных характеристик для настоящего атласа, относятся к малым выборкам. Оценка функции и плотности распределения по малым выборкам затруднена, а вычисление оценок моментов выше второго порядка нецелесообразно. Кроме того, малые выборки гидролого-гидрохимических данных характеризуются наличием таких свойств, как асимметрия и разбросанность хвостов (загрязненность). Этого достаточно, чтобы поставить под сомнение необходимость вычисления традиционных оценок первого и второго момента (среднее арифметическое и стандарт), а перейти к рассмотрению центра и масштаба распределений. В последнее время для этой цели в статистических расчетах все чаще используются оценки квантилей и квантильных характеристик [Воронцов и др., 1990; Гаскаров, 1978; Дейвид, 1979; Режимобразующие ... , 1988; Режимобразующие ... , 1989]. Заметим, что наиболее эффективны такие оценки в тех случаях, когда закон распределения отличен от нормального, что особенно характерно для гидрохимических данных.

Для анализа числовых характеристик одномерных распределений вероятностей использовались пять квартилей:  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$ ,  $X_{1/4}$ ,  $X_{1/2}$ ,  $X_{3/4}$ . В качестве характеристики центра обычно используется медиана (квартиль  $X_{1/2}$ ) или рассчитывается трехсрединное значение, позволяющее более полно, по сравнению с медианой, учитывать плотность выборки вблизи центра:

$$X_3 = (X_{1/4} + 2X_{1/2} + X_{3/4}) : 4. \quad (1)$$

Для описания масштаба выборки по найденным квартилям определяются размах  $R$  и интерквартильное расстояние  $Q$ :

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (2)$$

$$Q = X_{3/4} - X_{1/4}. \quad (3)$$

Дополнительно определяются барьеры: внутренние (нижний и верхний), находящиеся на расстоянии  $1.5 Q$  от квартилей  $X_{1/4}$  и  $X_{3/4}$  и соответственно внешние (нижний и верхний), отстоящие от внутренних барьеров на расстоянии  $1.5 Q$ .

На первом этапе анализа выборочные совокупности глубоководных данных по отдельным элементам за различные годы упорядочивались по календарным датам наблюдений, и проводилась операция осреднения со скользящим окном. Для получения достоверных оценок ширина окна должна быть достаточно велика, но в то же время и достаточно мала, чтобы наблюдения, составляющие выборку, можно было считать однородными по-среднему и дисперсии. Экспериментальным путем установлено, что наиболее полно таким условиям для наших данных отвечает календарный месяц. Сдвиг окна производился с шагом в одни сутки. На каждом шаге осреднения вычислялось среднее значение элемента на среднюю дату с

отбраковкой средних значений, отстоящих друг от друга на временной шкале ближе пяти дней. Между полученными значениями строился сплайн и проводилось табулирование с заданной дискретностью. Рассчитывались также внутренние и внешние барьеры.

Полученные таким образом средние значения использовались для построения графиков годового хода элементов. По этим графикам делались предварительные оценки характерных особенностей годового хода, анализировались (отбраковывались) данные, выходящие за внешние барьеры, и перепроверялись выходящие за внутренние, выбирались пределы изменений элементов для последующей фильтрации данных. Напомним, что между внутренними барьерами содержится около 99%, а между внешними - 99,9997% элементов выборки.

Окончательный расчет производился по откорректированным рядам. Оценка центра проводилась в зависимости от количества наблюдений в окне: по медиане при  $5 < N < 10$ , по трехсрединному значению при  $10 < N < 40$  и по среднему арифметическому при  $N > 40$ . На график выводились: оценка центра в виде одной средней линии, квантили и внутренние барьеры, фактические максимумы и минимумы. Табулирование средних значений элементов проводилось на каждую пентаду.

После получения средних характеристик аналогичным образом производился расчет стандартного отклонения для всех параметров на каждой станции и на всех горизонтах. Вместе с тем при производстве расчетов имели место случаи, для которых вышеописанные алгоритмы неприменимы ввиду того, что количество исходной информации по отдельным параметрам (например, биогенным веществам) в отдельных районах в определенные периоды чрезвычайно мало. Строго говоря, в такой ситуации возможен лишь анализ качественной картины без оценки ее статистической достоверности. Но поскольку в процентном отношении количество таких случаев составляет 3 - 4 %, то, по мнению авторов, при условии проведения комплексного анализа можно делать статистически обоснованные выводы, основываясь на характере изменчивости других параметров.

### ***Структура и функциональные возможности пакета прикладных программ "ATLAS"***

Для построения атласа и управления им был разработан пакет прикладных программ "ATLAS" (автор Бобков А.О., ИМГиГ ДВО РАН). Весь пакет условно можно разбить на три ключевых блока. В первый блок входят программы подготовки и первичной обработки данных. Во втором блоке находятся расчетные программы статистической обработки и интерполяции средних значений в узлы регулярной сетки. Третий - это единый блок управления атласом с одновременным построением изолиний по подготовленным информационным массивам. Управление всеми программами организовано с помощью меню [Пищальник, Бобков, 1992].

Подготовительные программы осуществляют сортировку, фильтрацию данных и скользящее осреднение рядов. Важнейшей программой второго блока является программа построения сглаженной кривой годового хода элемента для всей выборочной совокупности данных и его стандартного отклонения. Предусмотрено

ручное и автоматическое задание оценки центра (в зависимости от количества точек в окне) по медиане, трехсрединному значению или среднему арифметическому. Для визуального контроля в процессе работы программы, кроме исходных данных и рассчитанного сплайна, на дисплей выводятся линиями разных цветов внутренние (или внешние) барьеры и контролируется выход данных за их пределы.

Завершает расчетный блок программа интерполяции табулированных данных в узлы регулярной сетки. Выбор параметров сеточной области осуществляется с соблюдением следующих условий:

1. Шаг расчетной сетки выбирался с учетом соотношения расстояний между станциями и разрезами. Если расстояние между станциями приблизительно одинаково на всех разрезах и колеблется в среднем от 8 до 12 миль, то расстояния

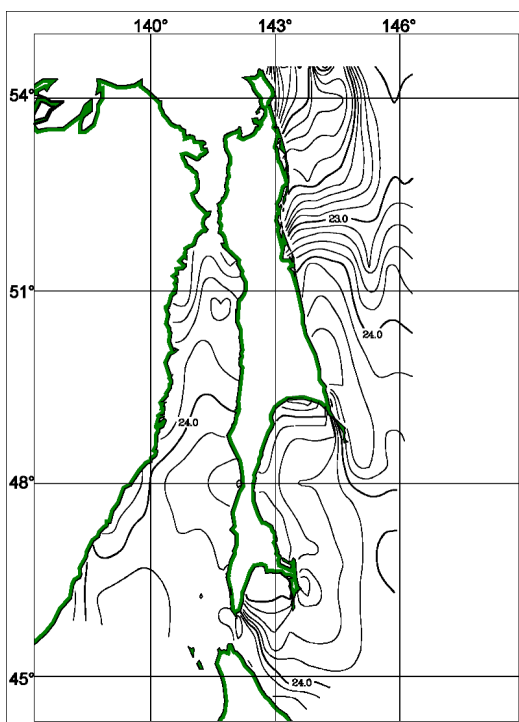


Рисунок 33. Пример представления данных в программе «Атлас». Распределение плотности морской воды (усл.ед.) на поверхности летом

между разрезами в значительной мере различаются и составляют: в заливе Анива 10 миль, в проливе Лаперуза в среднем 18 миль, в заливе Терпения - 27 миль, в Татарском проливе - 51 миля и на северо-восточном шельфе - 87 миль. Эмпирическим путем установлено, что наименьшие искажения и вполне приемлемая детализация при интерполяции в узлы расчетной сетки происходят при наличии не более 2-3 промежуточных шагов между интерполируемыми точками. Исходя из этого шаг расчетной сетки соответственно по долготе и широте составил: для залива Анива - 10x10 км, для залива Терпения - 10x20 км, для Татарского пролива - 10x40 км и для северо-восточного шельфа - 10x50 км;

2. Границы районов подбирались таким образом, чтобы добиться максимального совмещения узлов расчетной сетки

со стандартными разрезами. Поскольку пространственные размеры районов различны, то и масштаб изображения получился тоже разный. Для залива Анива и пролива Лаперуза он составляет 1:1 000 000, для залива Терпения - 1:1 500 000, для Татарского пролива и северо-восточного шельфа - 1:2 500 000. Таким образом, границы районов строго фиксированы и ограничены следующими координа-

тами: залив Анива и пролив Лаперуза от  $44^{\circ}22'$  до  $46^{\circ}43'$  с.ш. и от  $141^{\circ}50'$  до  $143^{\circ}39'$  в.д.; залив Терпения и прилегающие к нему акватории от  $45^{\circ}50'$  до  $49^{\circ}15'$  с.ш. и от  $142^{\circ}32'$  до  $145^{\circ}53'$  в.д.; Татарский пролив от  $45^{\circ}50'$  до  $51^{\circ}36'$  с.ш. и от  $138^{\circ}05'$  до  $142^{\circ}15'$  в.д.; район северо-восточного шельфа от  $48^{\circ}37'$  до  $54^{\circ}28'$  с.ш. и от  $142^{\circ}40'$  до  $146^{\circ}16'$  в.д.

Интерполяция расчетных данных в узлы регулярной сетки осуществлялась по алгоритму "Kriging" (расчет значений автокорреляционной функции) [Carr, 1990]. Кроме интерполированных значений, в выходной файл записывались количество шагов по осям X и Y, количество изолиний и их уровни, режим маркировки линий, т.е. создавался полный набор входных данных, необходимых для построения карт и разрезов в виде матриц. Это и является основой информационного массива атласа.

Здесь следует обратить внимание на одну очень важную деталь. Поскольку годовой ход параметров рассчитывался для каждой станции отдельно по фактической дате съемки, а интерполяция расчетных данных производилась на табулированную дату, то в матрицах отсутствуют искажения, обусловленные временным фактором, образующимся при съемках на больших акваториях. Это позволяет получать режимные карты пространственного распределения параметров для всех районов на определенную дату с большой точностью, но для оперативных съемок эти искажения сохраняются.

Управление атласом максимально упрощено и осуществляется с помощью виртуальных кнопок. В ходе последовательного опроса пользователя (выбор района, параметра, горизонта, вида представления информации - карта или разрез) формируется команда обращения к базе исходных данных, и на экран выводится требуемая страница атласа в виде изолиний, на которую накладывается береговая линия.

При повторном опросе реализуются дополнительные возможности работы с материалом: вывод на принтер, переход к другой дате, горизонту или параметру и т.д. Предусмотрена возможность наложения изображений, что позволяет анализировать одновременно данные за разные даты, на различных горизонтах и по разным параметрам. Допускается совмещение до трех изображений, которые выводятся на экран различным цветом и типом линий. При этом для исключения перегруженности экрана частота проведения изолиний уменьшается вдвое.

На данном этапе компьютеризированный атлас позволяет работать в интерактивном режиме со средними многолетними и оперативными данными температуры воды, солености, условной плотности, растворенного в воде кислорода, величины рН, биогенных элементов (фосфаты, нитриты, кремний). Расчетная циркуляция вод представляется векторами в узлах регулярной сетки. Для перечисленных параметров и их стандартных отклонений максимальный объем атласа может составлять порядка 300 мегабайт, содержать при этом более 1 млн. карт и разрезов и выполнять с ними следующие операции:

- представлять на экране монитора карты распределения элементов и их стандартных отклонений в любом районе на океанографических горизонтах до глубины 500 м в безледовый период с выбранной дискретностью;

- исследовать вертикальное распределение значения элемента и его стандартного отклонения на любом широтном или меридиональном разрезе;
- осуществлять пошаговый просмотр вперед (назад) в заданном временном интервале от искомой даты;
- производить наложение изображений на картах (разрезах). На одном рисунке одновременно можно совместить три изображения в любой комбинационной последовательности по датам, параметрам и горизонтам;
- вычислять аномалии элементов и получать их пространственное распределение (карты, разрезы);
- вычислять средневзвешенное значение элемента на любом горизонте (карте) или в любом слое (разрезе);
- выводить изображение экрана на печать в масштабе атласа;
- записывать рисунки и производить их редактирование стандартными графическими средствами IBM-PC ЭВМ.

Кроме этого, в пакете "ATLAS" имеется ряд вспомогательных программ для графического представления и анализа режимной информации. К ним относятся программа построения кривых временного хода на одном или нескольких горизонтах, программа построения графиков вертикального распределения характеристик морской воды с возможностью наложения изображений, программа T,S-анализа (или любой другой пары элементов), программа расчета средневзвешенных значений элементов на картах

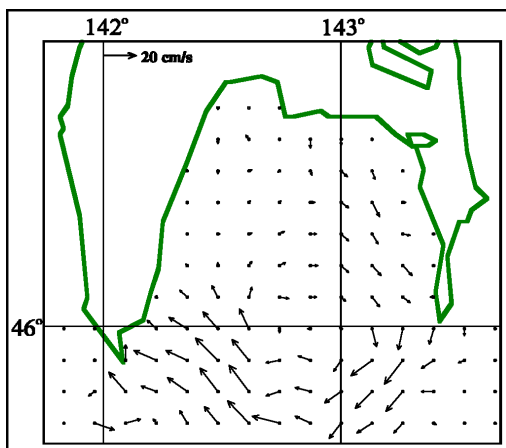


Рисунок 34. Пример представления данных в программе «Атлас». Геострофические течения в заливе Анива в летний период

и разрезах, программа расчета геострофических течений и ряд других.

Главным достоинством представленной разработки является возможность проведения комплексного анализа на основе сопоставимых исходных данных, полученных в точках с фиксированными координатами и в одном временном масштабе. Практика работы с атласом показала, что он может стать прообразом океанографических ГИСов. Некоторые введенные ограничения (например, жестко фиксированные границы) сужают круг решаемых задач, но в то же время это уже

инструментарий нового поколения, значительно расширяющий возможности традиционного анализа состояния морской среды [Levitus et al., 1993, 1994].

Предложенная методология обработки и представления океанографической информации является универсальной и может быть рекомендована к применению на любых других акваториях Мирового океана.

### Водные массы пролива Лаперуза

Охотское море является одним из наиболее продуктивных районов Мирового океана. До начала 90-х годов вылов морепродуктов в Охотском море достигал 16% общей добычи рыбы и нерыбных объектов в Советском Союзе. Планируемое освоение нефтегазовых месторождений на шельфе и, связанная с ним антропогенная нагрузка на морскую среду, может оказать негативное воздействие на морские биологические ресурсы. Для решения вопросов охраны окружающей среды весьма актуальными становятся знание гидрологических и гидрохимических процессов, протекающих, в первую очередь, в шельфовой зоне, где сконцентрирован основной промысел. Одним из наиболее обеспеченных океанографическими наблюдениями районов сахалинского шельфа является пролив Лаперуза. Через

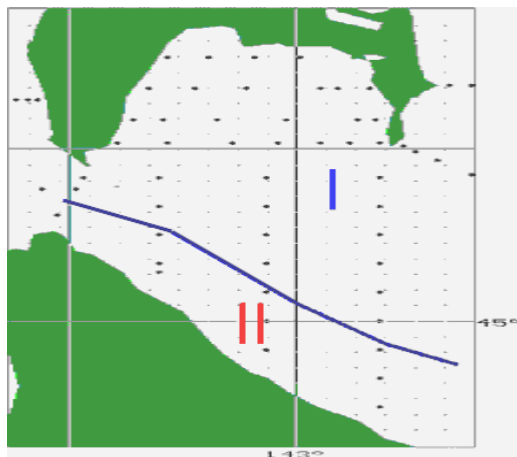


Рисунок 35. Схема расположения станций и узлов регулярной сетки в проливе Лаперуза

- - океанографическая станция;
- - узлы регулярной сетки;
- I - воды субарктической структуры;
- II - воды субтропической структуры.

структура вод в проливе. Район исследований с севера и юга ограничен островами Сахалин и Хоккайдо. Восточная и западная граница смещены на 10 миль соответственно к востоку и западу от географических границ пролива и охватывают акваторию от  $141^{\circ} 50'$  до  $143^{\circ} 39'$  в.д. (рисунок 35).

В основу анализа водных масс положены средние многолетние данные по температуре и солёности морской воды для весны, лета и осени, вычисленные на стандартных разрезах [Пищальник, Бобков, 1997]. Всего на этих разрезах расположено 48 океанографических станций, на которых с 1948 по 1994 гг. было выполнено около 10 000 наблюдений). Для восстановления параметров морской среды в узлах регулярной сетки на каждом стандартном горизонте от поверхности до 100 м с шагом 10 км по осям X и Y выполнялась интерполяция с помощью метода Krigging.

пролив происходит интенсивный обмен вод между Охотским и Японским морями, усложненный приливными движениями. Исследование структуры вод и водных масс в проливе позволит ответить на некоторые вопросы, касающиеся характера водообмена, что в свою очередь приблизит нас к пониманию возможности обмена загрязняющими веществами между морями.

До настоящего времени детального анализа водных масс непосредственно в проливе не было сделано. Большинство авторов проводили исследования структуры водных масс для Охотского и Японского морей в целом [Морошкин, 1966; Основные..., 1961]. В данной работе впервые детально проанализирована термохалинная

Выделение гидрологических сезонов осуществлялось по восстановленному годовому ходу температуры воды в проливе Лаперуза (рисунок 36). Здесь следует отметить, что из-за наличия ледового покрова наблюдения в зимний период отсутствуют. Как видно из рисунка быстрый прогрев водных масс начинается сразу после очищения акватории ото льда в апреле и продолжается по июль включительно. В конце июля - начале августа скорость прогрева заметно падает и в третьей декаде августа в поверхностном слое температура достигает своего максимума в годовом ходе. После достижения максимальных температур в верхнем слое практически сразу начинаются процессы охлаждения. В октябре скорость охлаждения заметно возрастает. В ноябре происходит выравнивание температуры в верхнем десятиметровом слое, а к концу декабря гомотермия распространяется уже на десятки метров. По мере увеличения глубины наступление максимума температуры запаздывает. На горизонте 30 м он наблюдается в конце сентября, а в слое 75-100 м - в конце ноября.

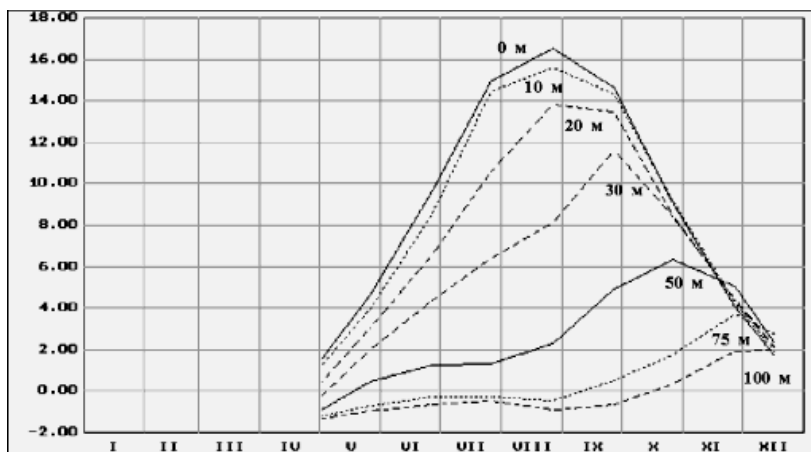


Рисунок 36. Внутригодовой ход температуры воды на стандартных горизонтах в проливе Лаперуза

Учитывая выделенные особенности годового хода были установлены следующие сроки гидрологических сезонов: весна - с апреля до середины июля, лето - с середины июля до конца сентября и осень - с октября по декабрь. Для расчетов использовались значения параметров отнесенные к середине описанных выше сезонов. Так третья декада июня принималась за гидрологическую весну, максимальный прогрев вод в конце августа - за лето, а третья декада октября - за осень.

На основе классического T,S-анализа [Мамаев, 1987] в проливе Лаперуза выделяются три водные массы (рисунок 37).

1. Поверхностная водная масса (А). Начинает формироваться в апреле с началом радиационного прогрева вод сразу после очищения акватории от дрейфующего льда. Она располагается от поверхности до основания термоклина, который заглубляется в результате радиационного прогрева вод от весны к лету. Осенью дальнейшее опускание ее нижней границы до глубин 50-60 м происходит за счет



ветрового перемешивания. Диапазон изменения значений температуры воды от весны к осени составляет от 2,0 до 18,0°C, солености - от 31,2 до 33,0‰.

Исходя из существующих представлений о механизме развития зимней конвекции в Охотском море, можно предположить, что зимой поверхностная водная масса трансформируется в охотоморскую, поскольку уже в феврале на большей части исследуемой акватории конвекция достигает дна и практически вся масса вод района представлена одной водной массой с температурами близкими к точке замерзания (-1,5°C).

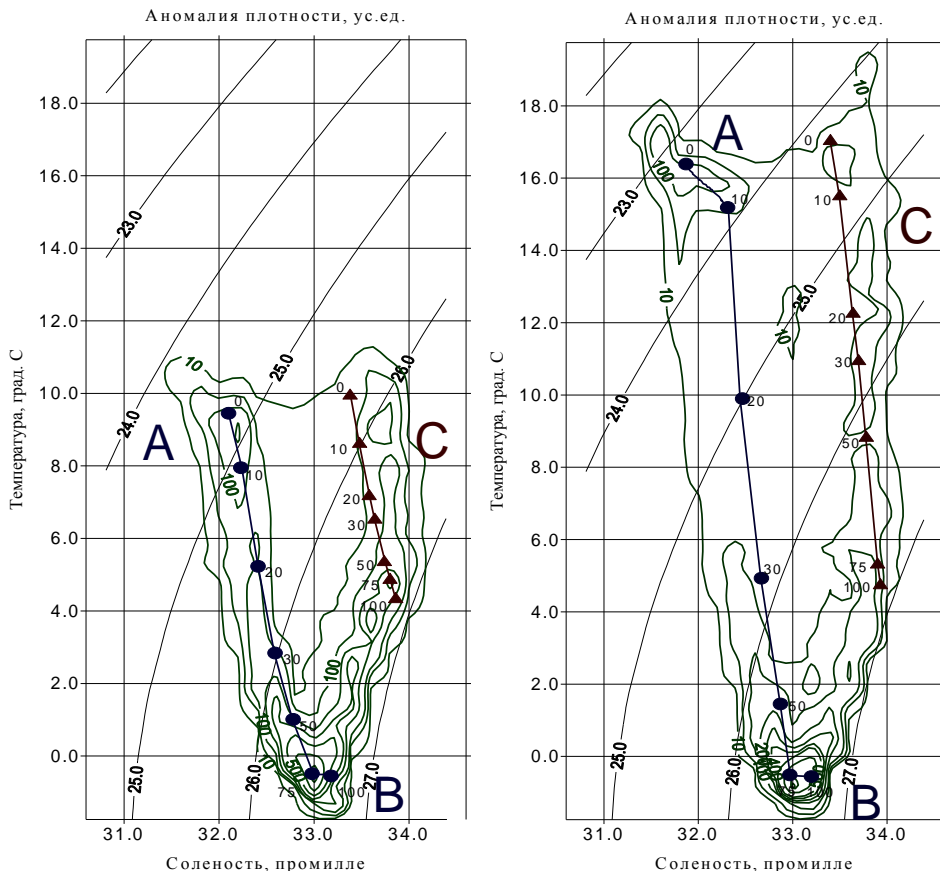


Рисунок 37. T,S - диаграммы содержания объема вод ( $10^3 \cdot \text{м}^3$ ) пролива Лаперуза по классам (0,2‰ · 0,5°C) и T,S - кривые «средних» океанологических станций для субарктической (кружочки) и субтропической (треугольники) структуры. Числа у кружочков и треугольников указывают глубину в м. Буквами обозначены водные массы: поверхностная (А), охотоморская (В) и япономорская (С)

2. Охотоморская водная масса (В). Образуется в зимний период в результате термохалинной конвекции. Согласно классификации К. В. Морошкина [Морошкин, 1966], в теплый период года в Охотском море она является промежуточной,

но для пролива (в следствии его мелководности) охотоморская водная масса занимает придонное положение и характеризуется минимальным размахом колебаний значений температуры воды от - 1,5 до +2,0°C. Соленость ее изменяется от 32,4 до 33,4‰ .

3. Япономорская водная масса (С). Это трансформированные воды поверхностной тихоокеанской водной массы Японского моря [Основные ... , 1961]. Они отчетливо выделяются в течение всего года по повышенной температуре и солености вод от поверхности до дна вдоль северо-восточного побережья острова Хоккайдо. Диапазон изменения значений температуры от 2,0 до 20,0 °С и солености от 33,1 до 34,0 ‰.

Учитывая пространственное расположение описанных выше водных масс по сезонам, в проливе Лаперуза можно выделить две структуры вод (см. рисунок 35 и рисунок 37). Вдоль побережья острова Хоккайдо на расстоянии от 15 до 30 миль от берега располагаются воды субтропической структуры. Это трансформированные воды поверхностной тихоокеанской водной массы Японского моря, проявляющиеся в данном районе в виде теплого течения Соя. Под воздействием силы Кориолиса поток прижимается к побережью острова Хоккайдо, в результате чего его северная граница располагается практически вертикально, отчетливо выделяясь по максимальным значениям градиентов температуры и солености на всех стандартных горизонтах во все сезоны. По результатам отдельных съемок изменение местоположения границы теплых вод в течение суток может достигать 10 миль [Aota, Takidzawa, 1994]. Японские исследователи предполагают, что зимой течение Соя сохраняется в виде подповерхностного, но при этом пока неясно существует ли оно постоянно или проявляется эпизодически. Вся остальная акватория исследуемого района представлена субарктической структурой вод, состоящей из двух водных масс: поверхностной и охотоморской (придонной). При этом в зимний период здесь существует только одна охотоморская водная масса.

Для вычисления объемов и теплосодержания выделенных водных масс применен метод объемного T,S - анализа [Мамаев, Архипкин и др., 1995], суть которого заключается в следующем. Сначала в узлах регулярной сетки вертикальные профили температуры и солености с помощью квадратичной интерполяции восстанавливаются с шагом через 1м. Затем производится суммирование элементарных объемов (параллелепипедов единичной высоты и площадью 10х10км) для каждого T,S - класса по градациям 0,5°C по температуре и 0,2‰ по солености. После чего вычисляется теплосодержание вод (энтальпия) по формуле:

$$Q = C_v \cdot \rho \cdot V \cdot (t - t_f),$$

где:  $c_v$  - удельная теплоемкость морской воды при постоянном объеме;  $\rho$  - плотность;  $V$  - объем;  $t$  - температура;  $t_f$  - температура замерзания воды.

Результаты расчетов объемов и теплосодержания выделенных водных масс представлены в таблице ниже (таблица 12). Общий объем вод на исследуемой акватории составляет 2194км<sup>3</sup>. Весной около половины всего объема вод исследуемого района занимает охотоморская водная масса. На поверхностную и япономорскую приходится соответственно 26 и 30%. Вместе с тем в этих двух водных массах сосредоточено более 80% весеннего запаса тепла. К лету объем поверх-

ностной водной массы увеличивается незначительно (всего на 3%), но за счет интенсивного прогрева по количеству аккумулированного тепла она превосходит япономорскую. Объем субтропических вод сохраняется практически неизменным, но теплосодержание его увеличивается. Летом в этих двух водных массах сосредоточено до 90% запаса тепла от всего теплозапаса района.

Наиболее значимые изменения во всех водных массах происходят от лета к осени. За счет ветрового перемешивания резко увеличивается объем и теплосодержание поверхностной водной массы. Теперь она занимает более половины объема вод района в котором сосредоточено около 2/3 запаса тепла. В это же время значительно уменьшается объем и теплосодержание япономорской водной массы. Теплосодержание охотоморской водной массы постепенно уменьшается от весны к осени с 17 до 8 %, но происходит это, в основном, за счет уменьшения ее объема.

Таблица 12. Характеристики водных масс пролива Лаперуза

Водная масса	Средняя температура воды, °С	Средняя соленость, ‰	Объем (10 <sup>3</sup> ·м <sup>3</sup> )	Теплосодержание (10 <sup>8</sup> ·Мдж)
Весна				
Поверхностная	6,7	32,2	5821	192350
Охотоморская	0,4	33,0	9499	82919
Япономорская	5,8	33,7	6620	200756
Лето				
Поверхностная	11,4	32,2	6373	322018
Охотоморская	0,2	33,0	8910	70188
Япономорская	9,0	33,6	6657	278858
Осень				
Поверхностная	7,6	32,0	11554	425409
Охотоморская	0,2	32,9	5970	54821
Япономорская	6,8	33,5	4416	161189

Для всех водных масс характерно общее уменьшение средних значений солености от лета к осени на 0,1÷0,2‰. Наименьший размах средних значений температуры наблюдается в охотоморской водной массе (0,2°С), что указывает на стабильность этой водной массой в годовом цикле от момента образования в зимний период до обновления в следующую зиму. Наибольшие изменения средних значений температуры отмечается в поверхностной водной массе в период прогрева (около 5°С).

Результаты расчетов объема япономорских вод для каждого месяца в безледовый период показывают, что максимум их (около 1/3 от общего объема) наблюдается в июле (таблица 13). По необъясненному пока причинам скачкообразные изменения объемов в сторону увеличения происходят от апреля к маю, а в сторону уменьшения - от октября к ноябрю. По косвенным оценкам к концу зимы объем субтропических вод должен занимать от 5 до 10% от объема вод района. Оценка изменений расходов течения Соя, выполненная на основе колебаний величины его объема, показала, что от месяца к месяцу диапазон этих изменений колеблется

от 0,006 до 0,118 Свердрупа (Св). Следовательно в годовом цикле (от максимума объема в июле до минимума в феврале) интенсивность переноса течения может уменьшаться на 0,4 Св, что находится в хорошем соответствии с литературными данными. Так в своей обзорной статье Аота и Такидзава показывают [Aota, Takidzawa, 1994], что интенсивность переноса течения Соя, вычисленная разными авторами в разные временные периоды и в разных местах, колеблется от 0,7 до 1,3 Св. Таким образом, изменение интенсивности переноса от зимы к лету может превышать 50% , что по ряду косвенных признаков представляется вполне допустимым.

Таблица 13. Объем япономорских вод ( $10^8 \cdot \text{м}^3$ ) в проливе Лаперуза по месяцам (средние многолетние данные)

Месяц	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Объем	3887	6447	6620	7437	6657	6031	4416	1790	1525

Описанные сезонные изменения характеристик водных масс очень наглядно проявляются на T,S - диаграммах содержания объема вод по классам (см. рисунок 37). Характерной особенностью T,S - диаграмм исследуемого района является распределение объемов в виде «рогов», основанием которых является ядро охотоморской водной массы с практически неизменными во все сезоны T,S - координатами (около 0,3°C по температуре и 33,0‰ по солености). Индексы ядра поверхностной водной массы в значительной степени отличаются от расчетных и составляют соответственно для весны - 9,0 °C и 32,2‰ , для лета - 16,5°C и 31,7‰ и для осени - 9,0°C и 31,7‰. Обусловлено это тем, что при расчете средних величин границы водных масс были проведены без подразделения на промежуточные воды. В япономорской водной массе четко выраженное ядро отсутствует. Это говорит о большой однородности T,S - индексов в потоке течения и одновременно является косвенным доказательством существования резко выраженной границы между субтропической и субарктической структурами вод.

Для определения пространственно-временных различий и горизонтальной трансформации водных масс необходимо иметь реперную станцию, за которую обычно принимают «среднюю» океанологическую станцию. Под таким названием мы будем понимать средневзвешенные по площади для выделенных структур данные по температуре и солености, вычисленные на каждом стандартном горизонте для весеннего и летнего сезона.

Анализ параметров «средних» океанологических станций (таблица 12; рисунок 37) позволяет указать на следующие особенности выделенных структур:

- в субтропической структуре и в холодный, и в теплый периоды года вклад в вертикальную статистическую устойчивость термической составляющей выше, чем соленостной. В субарктической структуре такое соотношение, за исключением поверхностного слоя летом, соблюдается только в поверхностной водной массе. В охотоморской водной массе во все сезоны определяющей является соленостная составляющая. Эти различия объясняются генезисом водных масс;

- абсолютные значения общей устойчивости в субарктической структуре выше, чем в субтропической, за исключением глубинных слоев, где летом значи-

тельно (в 5-6 раз) возрастает термическая устойчивость за счет повышения температуры вод в результате перемешивания;

Таблица 14. «Средние» океанологические станции пролива Лаперуза

ρ, дцБ	T, °C	S, ‰	10 <sup>8</sup> ·E	10 <sup>8</sup> ·Eθ	10 <sup>8</sup> ·Es	-Eθ/Es	NB
Субарктическая структура. Весна							
0	9.45	32.1	3302.9	2315.8	985.3	-2.35	10.3
10	7.95	32.23	4117.5	2936.3	1180	-2.49	11.5
20	5.23	32.41	4186.7	2803.8	1382	-2.03	11.59
30	2.84	32.59	2422.3	1357.5	1064.4	-1.28	8.82
50	1.01	32.78	1138.1	456.1	681.8	-0.67	6.04
75	-0.49	32.98	757.2	130.3	626.8	-0.21	4.93
100	-0.55	33.18	759	132	626.8	-0.21	4.94
Субарктическая структура. Лето							
0	16.39	31.87	5920.1	2640.7	3275.9	-0.81	13.79
10	15.19	32.31	8990.6	6822	2165.4	-3.15	16.99
20	9.9	32.45	9540.4	8214.1	1324.6	-6.2	17.5
30	4.93	32.66	4806.5	3595.3	1210.4	-2.97	12.42
50	1.45	32.87	1398.7	834.4	564	-1.48	6.7
75	-0.51	32.97	683.9	166.6	517.2	-0.32	4.69
100	-0.56	33.2	687.1	169.8	517.2	-0.33	4.7
Субтропическая структура. Весна							
0	9.98	33.38	2920.8	2161.7	757.2	-2.86	9.68
10	8.65	33.48	2830.2	2068.6	760.1	-2.72	9.53
20	7.21	33.58	2018.2	1406.3	610.6	-2.31	8.05
30	6.56	33.64	1211.4	789.7	420.6	-1.88	6.24
50	5.39	33.74	736.3	451.4	284	-1.59	4.86
75	4.9	33.8	411.2	226	184.4	-1.23	3.63
100	4.37	33.86	400.6	215.1	184.7	-1.17	3.59
Субтропическая структура. Лето							
0	17.07	33.4	4244.8	3497.1	743.9	-4.71	11.67
10	15.54	33.5	6048.4	5149.3	895.8	-5.75	13.94
20	12.29	33.64	4995.6	4240.7	752.4	-5.64	12.66
30	10.98	33.7	2437.4	2057.8	377.5	-5.46	8.85
50	8.86	33.78	2220.1	1884.5	334.1	-5.65	8.44
75	5.35	33.9	1178.6	947.5	230.2	-4.12	6.15
100	4.78	33.93	1131.7	900.3	230.6	-3.91	6.03

**Примечание:** E - параметр устойчивости ( $E = E_{\theta} + E_s$ , дцБ·10<sup>-1</sup>); E<sub>θ</sub> и E<sub>s</sub> - термическая ( $E_{\theta} = \alpha \cdot d\theta/d\rho$ ) и соленостная ( $E_s = \beta \cdot dS/d\rho$ ) составляющие устойчивости; α и β - коэффициенты термического расширения и соленостного сжатия; - E<sub>θ</sub>/E<sub>s</sub> - плотностное соотношение; NB - частота Вайсяля-Брента (цикл/час).

- глубина залегания термоклина (максимум  $E\theta$ ) и галоклина (максимум  $E_s$ ) в субтропической структуре одинаковая (слой  $0\div 10$  м), в субарктической структуре весной термоклин расположен выше галоклина в среднем на 10 м, а в период максимального прогрева на 20 м ниже;

- соответственно пикноклин (максимум суммарной вертикальной устойчивости) в субтропической структуре весной и летом наблюдается в слое  $0\div 10$  м. В субарктической структуре он располагается ниже и находится в слое  $10\div 20$  м;

- в водах обеих структур термическая и соленостная неустойчивость в рассматриваемые временные периоды не наблюдается.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать следующие выводы:

1) на основе обработки современного массива океанографических данных в проливе Лаперуза в безледовый период выделены три водные массы: поверхностная, охотоморская и япономорская;

2) весной, летом и осенью большую часть акватории пролива Лаперуза (70-80% по объему) занимают воды субарктической структуры. Граница субтропической структуры вод, выраженной теплым течением Соя, располагается в 15-30 милях от северо-восточного побережья острова Хоккайдо;

3) в годовом цикле (от максимума в июле до минимума в феврале) интенсивность переноса течения Соя уменьшается на 0,4 Св;

4) применение объемного T,S - анализа позволило выявить значительную сезонную изменчивость поверхностной и япономорской водных масс. Охотоморская водная масса в течение всего года имеет стабильные характеристики (уменьшение теплосодержания происходит только за счет уменьшения ее объема);

5) в период максимального прогрева вод основной запас тепла сосредоточен в поверхностной (48%) и япономорской (42%) водных массах.

### 2.3. Измерительные системы и приборы экологического и океанологического мониторинга сахалинского шельфа

#### *Предисловие к обзору приборных комплексов и систем наблюдения*

В начале 70-х годов, после начала разработки в северо-восточной части сахалинского шельфа запасов нефти и газа, в этом районе регулярно работали экспедиции на научно-исследовательских судах. Исследования проводились в летнее и осеннее время. Как правило, продолжительность экспедиций не превышала 20-40 суток. Во время экспедиций выполнялись измерения стандартных гидрологических параметров на различных горизонтах. Исследовались рыбы и беспозвоночные, а также брались пробы воды и донного грунта и планктона. Полученные пробы затем исследовались в лабораториях России, а в последние годы - и в лабораториях США.

Материалы исследований отражены в многочисленных отчетах. Анализ проб проводился по широкому спектру параметров, которые можно грубо разбить на три направления: нефтепродукты, тяжелые металлы и ядохимикаты.

Исследования подтвердили практическое отсутствие в этих районах опасных для окружающей среды веществ промышленного происхождения.

Лабораторные исследования содержания в пробах опасных для окружающей среды веществ достаточно сложны и трудоемки и требуют значительного времени. О сложности этих анализов можно косвенно судить по тому факту, что параллельные анализы одних и тех же проб, проведенные в российских лабораториях по российским методикам и в лабораториях США по методикам США, зачастую дают разные результаты.

С началом буровых работ возникла необходимость перехода от разовых наблюдений к непрерывным наблюдениям за состоянием среды.

Постоянные систематические наблюдения (мониторинг) необходимы для обнаружения выбросов загрязнений в процессе буровых работ и для оперативного реагирования на выбросы загрязнений и аварии, а также для накопления данных о среде.

Необходимость организации мониторинга не является уникальной для сахалинского шельфа. Во всем мире наблюдается тенденция на ужесточение контроля за промышленными выбросами и ужесточение контроля за состоянием окружающей среды.

### *Измерительные приборы и регистраторы текущего состояния моря*

Для организации мониторинга лучше всего бы подошли автоматические приборы, которые могли бы на месте (*in situ*) проводить анализы и выдавать сообщения о результатах.

Тогда, сопоставляя полученные данные с результатами предыдущих исследований, а также исследований в других районах с данными спутниковой разведки и архивными данными, можно было бы обнаружить изменения в окружающей среде, вызванные добычей нефти и газа, а также прогнозировать развитие ситуации.

Однако в настоящее время обеспечить в полной мере контроль за состоянием среды автоматическими системами невозможно.

Как уже отмечалось в разделе 1.6., известные в настоящее время автоматические измерительные системы не могут в точке измерения выдать арбитражно-значимые данные о содержании нефти и углеводородов, тяжелых металлов и других опасных химических веществ при их содержании в среде в количествах, близких к установленным нормам ПДК.

До недавнего времени не ставилась достаточно серьезно задача измерения уровня загрязненности в автоматическом режиме.

Поскольку сейчас такие задачи поставлены, то, несомненно, будут найдены и решения.

На то, что в ближайшее время проблема будет решена, указывают следующие факты:

1. Разработка и создание стабильных электродов для непрерывного анализа морской воды методом измерения электрических потенциалов. Фирма "Ива" (г. Екатеринбург) гарантирует определение в пробах кадмия в количестве 0.1 мг/л и хрома в количестве 1 мл/л при погрешности в пределах 10%.

2. Лаборатория ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова (г. Санкт-Петербург) разрабатывает оптико-электронные автономные приборы ("Экопост", "Оптоскан" и "Кондор"), предназначенные для экологического контроля. Приборы измеряют стандартные гидрологические параметры, содержание нефтепродуктов в воде, а также оптические характеристики воды.

3. Созданы и эксплуатируются приборы для измерения физико-химических характеристик морской воды:

- содержания кислорода,
- величины рН,
- величины окислительно-восстановительного потенциала,
- поглощения света в широком диапазоне длин волн,
- содержания хлорофилла.

В настоящее время разработчики могут предложить автоматическую систему для сбора, предварительной обработки, накопления и передачи в центр:

- метеорологической информации: температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления ветра, облачности;
- данных о волнении;
- океанологических стандартных параметров: скорости и направления течения, температуры, проводимости (солености);
- океанологических специальных параметров: содержания кислорода, мутности (прозрачности), рН, редокса, содержания хлорофилла;
- сейсмоакустических параметров: общего уровня шумового загрязнения, сейсмике;
- уровня моря.

Такая система может представлять интерес с точки зрения определения степени рассеивания загрязнений, а также определения направления распространения загрязнений и выявления участков, где загрязнения могут накапливаться.

Эта система также может быть полезной с точки зрения сбора данных для прогноза опасных явлений: землетрясений и цунами. Как известно, район нефтепромыслов относится к сейсмически опасной зоне. Недавнее землетрясение в Нефтегорске подтверждает опасность катастрофических землетрясений в этом районе. Если обеспечить измерение уровня моря с точностью до нескольких миллиметров водного столба, то эти данные могут быть использованы для обнаружения вертикальных подвижек земной коры. Это особенно важно для районов, в которых возможна техногенная сейсмическая активность.

Технически измерение уровня моря с разрешением в единицы миллиметров возможно при использовании в донных измерителях кварцевых датчиков давления фирмы Paqoscientific и соответствующей математической обработке длинных рядов измерений. Организовать аналогичные измерения на суше затруднительно из-за отсутствия надежных реперов. В случае донного измерителя репером будет уровень океана. Для увеличения надежности результатов может быть установлено несколько датчиков уровня.

К сожалению, эта система не решает в полной мере задач экологического мониторинга и в настоящем виде требует подстраховки путем организации лабора-



торий на буровой или организации оперативной пересылки образцов в береговые лаборатории для анализов. Проще анализы проводить на буровой.

Известны портативные лабораторные приборы (фирма СПЕКТРОН), которые при обеспечении минимальных условий быстро (15 минут) осуществляют контроль состава пробы на тяжелые металлы практически в автоматическом режиме. Чувствительность достаточна и подтверждается сертификатом.

Прибор управляется от компьютера и не требует квалифицированного обслуживания. Результаты могут быть сразу внесены в базу данных.

Фирма "ЛЮМЭКС" предлагает лабораторный прибор "Флюорат" для автоматического анализа на содержание нефтепродуктов в воде. Проведение анализа полностью автоматизировано. Данные выводятся на компьютер. Чувствительность 0.002 мл/л. Прибор сертифицирован и может быть использован как сигнализатор установленного порогового уровня.

Организовав экспресс-лабораторию на буровой, можно в какой-то мере ослабить дефицит информации о содержании в сбрасываемых буровых растворах тяжелых металлов и нефтепродуктов.

Такая полуавтоматическая система с участием автоматических приборов и людей, осуществляющих по расписанию анализы, может в какой-то мере служить прообразом или полигоном для отработки будущих автоматических систем.

### 1. Обзор датчиков

Зарубежные фирмы и предприятия России предлагают большое число приборов, которые могут быть использованы в системе экологического мониторинга.

Лидером в области океанографического приборостроения является фирма Sea-Link System (Neil Brown Instrument System). Приборы СТД этой фирмы являются высшим образцом качества. Соответственно стоимость такого зонда составляет около 25 тысяч долларов США. Очень близки по качеству приборы других ведущих фирм: SBE (Sea-bird Electronics Inc), Inter Ocean Systems Inc, Ci (Chelsea Instrument Ltd) и др.

Таблица 15. Сравнение параметров импортных СТД зондов

Параметр	Диапазон	Разрешение	Точность
MARK II			
Проводимость ( <i>mS/cm</i> )	1 ÷ 70	0.0002	0.001
Температура	-2 ÷ 32	0.0001	0.001
Давление (глубина)	0 ÷ 70	0.001%	0.02%
SBE 9/11/17			
Проводимость	0 ÷ 70	0.0004	0.003
Температура	-5 ÷ 35	0.0003	0.004
Глубина	1000	0.001%	0.002%

Параметры приборов, т.е. диапазоны измеряемых параметров, и погрешности практически одинаковы (по рекламным данным). Для примера приведено сравнение параметров зонда СТД (таблица 15).

Приборы российского производства существенно уступают зарубежным по качеству.

Стоимость зонда STD фирмы Ci, соизмеримого по качеству с зондом фирмы Sea-Link, составляет 12 тысяч долларов. Стоимость российских приборов значительно дешевле.

Далее приведены типичные образцы приборов. Наибольший интерес представляют приборы, которые могут работать в составе кабельной системы, т.е. те, которые управляются через линию связи и могут выдавать данные в линию связи. Стоимость зарубежных приборов от 5 до 10 тысяч долларов. Как правило, все приборы выдают в линию цифровой сигнал в последовательном коде в стандарте RS-232. В некоторых случаях выходным параметром является частота или уровень сигнала постоянного тока.

Параметры приборов приведены в соответствии с рекламными проспектами.

### **CTD System SBE 9**

Фирма SEA BIRD ELECTRONICS, Inc

Кабельный STD зонд, измеряет:

Электропроводность mS/cm

0.003

Температуру

0.004°C

Давление (использован датчик Paroscientific Digiquartz)

0.02%

Глубину до

600 м

Пластиковый корпус.

Согласующий блок SBE 11 CTD Deck Unit обеспечивает выдачу в реальном времени через однопроводную линию на IBM PC.

Стандартный интерфейс RS-232.

Есть пакет программ обработки.

Блок SBE 11 питается от 220 В.

### **Ci SEMITRACKA**

Фирма Chelsea instrument Ltd.

Многопараметрическая  
измерительная система

Измеряет:

температуру

электропроводность

глубину

растворенный кислород

pH

редокс.

Работает до 600 м

Погрешности измерений такие же,

как и у прибора SBE 9

Питание 10-15 В постоянного тока

Интерфейс RS 232



SBE 9 piter shown with optional dual T & C sensors

**S4f Electromagnetic current meter**

Электромагнитный измеритель скорости течения фирмы Inter Ocean Systems, Inc. Измеряет скорость и направление течения.

Рабочий диапазон	0-350 <sup>см</sup> / <sub>сек</sub>
Погрешность	2% ± 1 <sup>см</sup> / <sub>сек</sub>
Направление	± 2 град
Чувствительность не хуже	1 <sup>см</sup> / <sub>сек</sub>
Данные хранятся в памяти емкостью	20 Мбайт
Вес 4 кг, форма-шар диаметром	25 см
Глубина до	1000 м

Прибор не содержит движущихся частей и включается в разрыв троса.

**Vector Measuring Current Meter VMCM Model 630**

Фирма Sea-Link System.

Векторный измеритель скорости течения. Две взаимно перпендикулярные механические вертушки с косинусной характеристикой чувствительности.

Диапазон	от 2 <sup>см</sup> / <sub>сек</sub> до 4 <sup>м</sup> / <sub>сек</sub> , ± 1%
Ошибка угла	± 2 град.
Вес	20 кг
Длина	80 дюймов

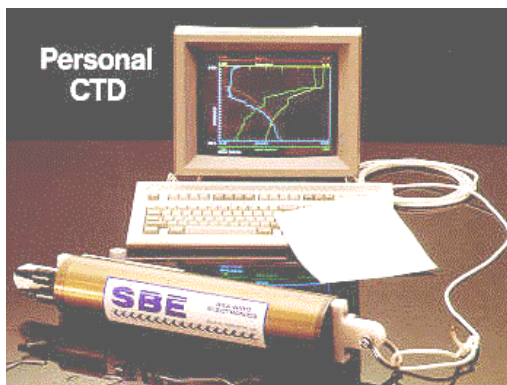
Предусмотрена возможность выдачи данных в реальном времени в последовательном коде. Есть пакет программ обработки. Прибор включается в разрыв кабеля.

**Зонд SBE 19**

Фирма Sea Bird Electronics, Inc

Измеряется:  
температура  
электропроводность  
давление  
содержание кислорода  
рН  
редокс.

Выдача данных через интерфейс RS-232, скорость 9600 бод.

**The SMARTTACM**

АКУСТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ

Фирма Sea link System

Измеряются скорость и направление течения  
температура  
давление.

Принцип работы - измерение сдвига фаз акустического сигнала, распространяющегося в движущейся жидкости. Питание - по кабелю. Передача данных последовательным кодом в стандарте RS 232.

**Ci AQUAPACK**

Multi-parameter monitoring system

Фирма Chelsea instrument Ltd

Многопараметрическая  
измерительная система

Измеряется:

электропроводность	0.005
температура	0.003
глубина	0.1%
флюоресценция	0.01ug/l (или ±3%)
хлорофилл	
роддамин.	

Глубина до	200 м
Вес	6 кг в воде
Размер	31 x 17 см
Питание	10-15 В постоянного тока
Интерфейс RS 232	

**Ci ALPHATRACKA MARK II**Transmissometer for suspended  
and dissolved solid

Фирма Chelsea instrument Ltd

Измеритель турбулентности и поглощения света (красный, синий, зеленый), а также переноса частиц.

Точность	0.3% от шкалы
Длина	65см
Вес	6 кг
Длина оптического пути	25 см
Питание	
Выходной сигнал	

7-18В постоянного тока 20 мА  
от 0 до 5 В**Прецизионные датчики давления**

DIGIQARTZ PRESSURE TRANSDUSERS

Фирма PAROSCIENTIFIK.

Модель 42КТ

на 13 МПа

Точность

0.02%

Повторяемость

0.005% (около 5 мм при глубине 100м).

Для датчика типа 2900AT с полным диапазоном 6.21 МПа повторяемость составляет около 3 мм водяного столба. Специальные датчики для измерения глубины типа 8060 имеют чувствительность лучше 1 мм водяного столба. Следует отметить, что именно датчиками этой фирмы оборудуются все высококачественные СТД зонды. Эта фирма - лидер в области высокоточных датчиков давления.

Стоимость датчика 2-4 тысячи долларов США.

**GLOWTRACKA**

Stimulate Bioluminescence Sensor

Фирма Chelsea instrument Ltd.

Датчик биоллюминесценции  
(наведенной).

Биологические объекты  
стимулируются импеллером.

Вес 3кг

Питание 6-25 В постоянного тока 40 мА

Выход: 1 В постоянного тока;

7 каналов счетчиков настроенных на  
различную чувствительность.

Из новых разработок следует упомя-  
нуть прибор для измерение содержания  
углекислого газа и хлорофилла в воде.  
Чувствительность от 200 до 500 микро-  
АТМ (для CO<sub>2</sub>)

Диапазон вариации измеряемого содержания хлорофилла от 005 до 50 микро-  
грамм на литр. [Источник: SEA Technology CARIOCA-Monitoring Carbon Dioxide  
Exchange, J. Walton]

**МИНИ-КАТРАН**

(г. Обнинск, ЦКБ ГМП)

Измеряются температура, глубина, проводимость.

Погрешности

температура

0.06°С

глубина

1%

проводимость

0.01 См/м

Питается от кабеля.

В Обнинске также производится "Зонд 6000", который по своим характери-  
стам (рекламным) приближается к мировым. ЦКБ ГМП предлагает также отдель-  
ные измерительные преобразователи (температуры, давления, электропроводно-  
сти).

**ЭМИСТ**

(г. Обнинск, ЦКБ ГМП)

Электромагнитный измеритель скорости течения

Диапазон

0-250 см/сек

Погрешность скорости

2%

Погрешность направления

2 град.

Питание и передача данных через одножильный кабель

**МИНИ-ЗОНД**

(г. Обнинск, ЦКБ ГМП)

Это дешевый прибор невысокой точности.

Измеряет температуру, электропроводность и глубину (давление).

Погрешность по температуре 0.1 град.

Данные выдаются по кабелю

### **(OIL detector IFP)**

Датчик разлива нефтепродуктов

Специальные одноразовые датчики для обнаружения нефтяной пленки на воде. Тонкая пластмассовая пленка стабильна в воде и в воздухе. Пленка имеет высокую чувствительность к большинству нефтепродуктов. При наличии нефтепродуктов на воде пленка интенсивно поглощает нефтепродукты, разбухает, теряет механическую прочность и разрывается. Срабатывает магнитоуправляемое контактное устройство.

Время срабатывания в зависимости от концентрации нефтепродуктов - от нескольких секунд до нескольких минут. [NEREIDES. INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, NEREIDES FRANCE. Office D'instrumentation Hydrographique. 91400-ORSAY]

### **Сейсмические датчики**

Однокомпонентные	СМ3-КВЭ и СМ-4Б
Трехкомпонентные	ТС-1МЭ и ТС-3
Перекрывают диапазон частот	от 0.01 до 35 Гц и от 0.5 до 100 Гц
Динамический диапазон	120 Дб
Питание от аккумуляторов	12 В
Стоимость	40 миллионов рублей

### **Опτικο-гидрофизический комплекс «Кондор»**

ВНЦ ГОИН им С.И. Вавилова (Всероссийский научный центр, Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова.)

Назначение:

Измерение в точке установки в автоматическом режиме содержания:

нефтепродуктов и фенолов в концентрациях	1 мкг/литр
хлорофилла	0.1 мкг/литр
растворенного кислорода	$0 \div 10$ мг/литр $\pm 0.1$
pH	$4 \div 10 \pm 0.1$ ;
температуры	$2 \div 30$ г $\pm 0.05$

Связь с прибором через одножильный кабель-трос.

### **«Оптоскан»**

ВНЦ ГОИН им С.И. Вавилова

Предназначен для обнаружения и привязки к месту классификации и оценки толщины нефтяных пленок. Состоит из многоканального ИК-радиометра и флуоресцентного Лидара. Обнаруживает на расстоянии 1-2 км нефтяные пленки толщиной 1 мкм и выше.

**Примечание.** Разработка приборов «Кондор» и «Оптоскан» будет завершена в 1999 году, стоимость пока не определена.

Таким образом, для измерения стандартных океанологических параметров и специальных параметров существует большое количество приборов как высокой, так и средней точности. Завершается разработка новых приборов контроля содержания нефтепродуктов, способных работать в автоматическом режиме.

Стоимость приборов изменяется в широких пределах в зависимости от точности прибора и от фирмы-изготовителя. В России имеются представительства многих фирм, изготавливающих указанные приборы.

## II. Возможные варианты построения систем сбора данных

В соответствии с установившейся методикой измерений параметров окружающей среды в районе нефтепромыслов точки измерений (точки взятия проб или точки установки датчиков) должны быть как на самой буровой, так и в окрестностях буровой, т. е. выше и ниже буровой по доминирующему течению.

Определение точного количества точек измерения и расстояния этих точек от буровой зависит от интенсивности процессов рассеивания загрязнений, выделяемых на буровой. В первом приближении можно предположить, что число точек не превышает 4÷6, и расстояние от буровой до точек измерения оценивается несколькими километрами.

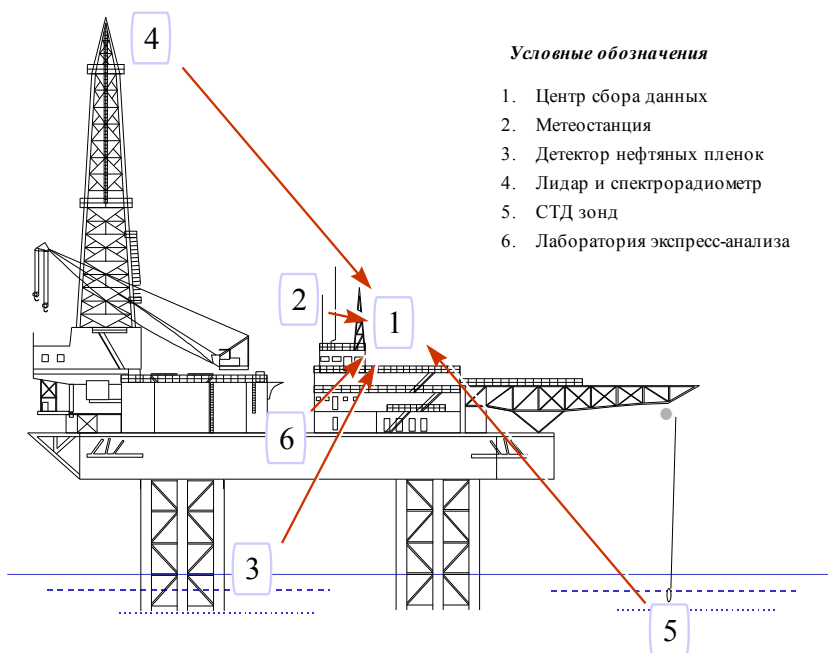


Рисунок 38. Блок-схема бортовой системы наблюдения, установленной на буровой платформе

Измерения могут проводиться приборами, объединенными в измерительные системы. Рассмотрим различные варианты построения измерительных систем.

### 1. Измерения с борта буровой платформы

Приборы могут устанавливаться непосредственно на буровой. Это:

- метеорологические датчики,
- оптические датчики волнения и наличия нефтяной пленки на поверхности,

- зондирующие приборы, опускаемые с буровой для измерения, температуры скорости и направления течения.

Для измерения метеорологических параметров может быть использована автоматическая метеорологическая станция (MILOS-500).

В качестве зондирующих приборов могут быть использованы кабельные измерители, такие, как "Электромагнитный измеритель скорости течения ЭМИСТ" (ЦКБ ГМП, Обнинск), измеритель температуры и электропроводности МИНИ-ЗОНД (ЦКБ ГМП, Обнинск), приборы типа Зонд СТД (MARK 2 и др.).

Эти приборы могут быть установлены стационарно и соединены кабелями с пунктом управления. С пункта управления на эти приборы будет поступать питание, и на пункт управления от этих приборов будут поступать результаты измерений. Результаты измерений фиксируются в памяти ЭВМ. В ЭВМ вводятся также результаты экспресс-анализа, получаемые в лаборатории, размещенной на буровой платформе.

Система управляется ЭВМ. Блок-схема включения измерителей изображена на рисунке 38. Здесь: 1 - ЭВМ, 2 - автоматическая метеостанция, 3 - датчик наличия нефтяной пленки на поверхности моря, 4 - радиолокационный измеритель волнения, или лидар, 5 - зондирующий измеритель гидрологических параметров, 6 - химическая лаборатория экспресс-анализа.

Недостаток проведения измерений с буровой в том, что результаты измерений океанологических параметров могут искажаться элементами конструкции буровой. Преимущество в том, что при наличии выбросов эти приборы смогут зарегистрировать их с наибольшей вероятностью, так как выбросы еще не рассеялись.

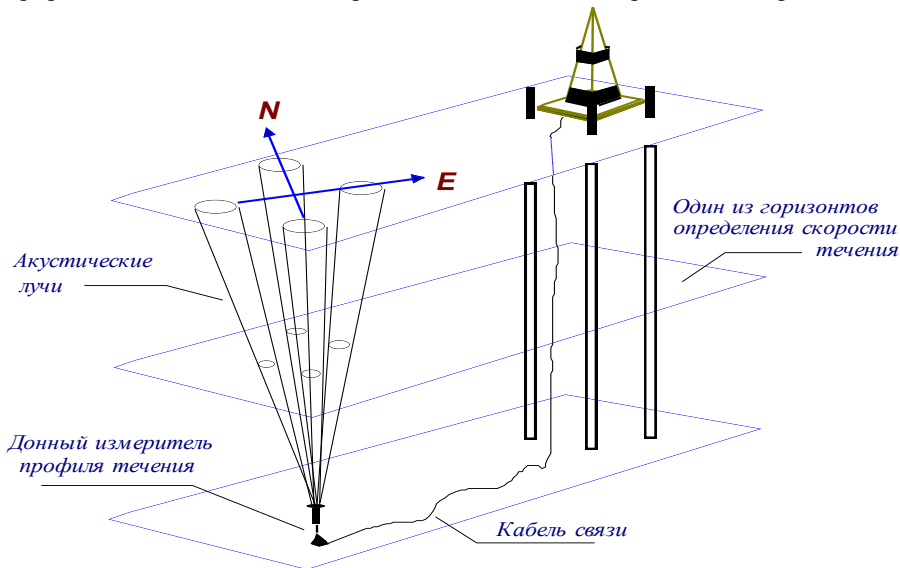


Рисунок 39. Схема установки измерителя профиля течений вблизи буровой платформы

На расстоянии нескольких сотен метров от буровой платформы (расстояние определяется степенью искажения поля течения конструктивными элементами



буровой) может быть установлен донный акустический доплеровский измеритель профиля течения (рисунок 39).

Прибор измеряет скорости и направления течений на различных горизонтах от дна до поверхности. В процессе работы прибор излучает 3 или 4 акустических луча, направленных под 30÷45 градусов к вертикали и повернутых на 120÷90 градусов друг относительно друга в горизонтальной плоскости. Акустические лучи отражаются от твердых частиц биологических объектов, пузырьков воздуха и прочих неоднородностей, которые всегда имеются в морской воде (тон реверберации). Частота отраженного луча сдвинута относительно частоты излученного луча на величину, пропорциональную усредненной скорости движения неоднородностей.

Совместная обработка сигналов 3 или 4 лучей дает возможность определить скорость и направление течения на каждом горизонте от дна до поверхности.

## **2. Измерения вблизи буровой платформы**

Погрешность измерений зависит от времени усреднения и не превышает нескольких см/сек. при приемлемых интервалах усреднения.

Прибор может быть также использован для регистрации передвижения льда зимой. При соответствующей настройке прибор может регистрировать перемещение рыбных косяков и определять их интенсивность.

Приборы могут быть автономными или кабельными. Если прибор кабельный, то питание и управляющие команды поступают с буровой платформы. Результаты измерений по кабелю передаются на буровую и накапливаются в памяти ЭВМ.

Производители приборов:

Институт прикладной физики (г. Нижний Новгород)

Фирма RD Instrument (США)

Фирма AANDREA (Норвегия)

Стоимость измерителя 20-30 тысяч долларов США.

## **3. Измерения на удалении от нефтепромыслов**

На расстоянии до 10 километров от буровой могут быть установлены кабельные донные станции (рисунок 40). Это стальная тренога, установленная на лапах. В центре треноги устанавливаются приборные контейнеры и датчики.

На кабельной донной станции могут быть установлены датчики для измерения температуры, скорости и направления течения, солености, содержания кислорода, pH, прозрачности. На станциях могут быть также установлены сейсмометры, шумомеры и датчики уровня моря. Питание и команды поступают с буровой, результаты измерений поступают на буровую и накапливаются в памяти ЭВМ.

Станция устанавливается на дне методом опускания с борта судна. Обязательно наличие датчика вертикальности для контроля правильности установки.

При организации сети кабельных станций в районе буровой платформы существуют определенные трудности с постановкой. Это связано с ограниченностью судоходства в районе буровой. Не всем судам разрешено приближаться к буровой платформе. Постановку необходимо будет осуществлять с судов типа "Нефтегаз". Трассу прокладки кабеля следует выбирать с учетом возможных повреждений

кабеля при постановках на якорь обслуживающих буровую установку судов. Существует также опасность попадания кабеля на буровой инструмент.

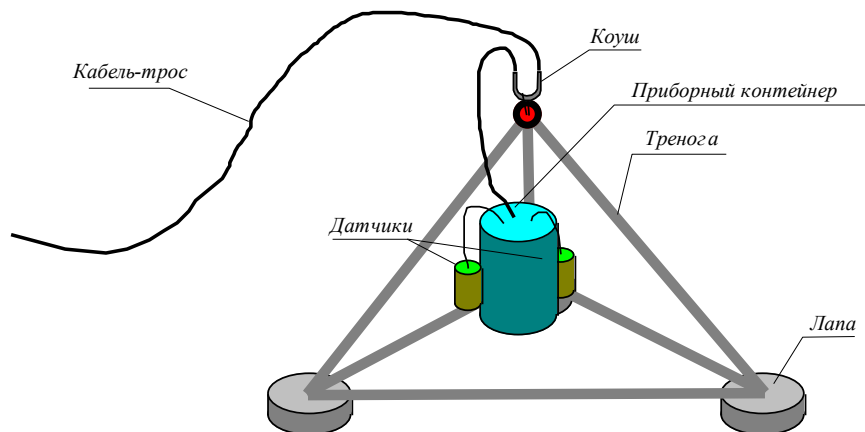


Рисунок 40. Схема компоновки измерительных приборов, устанавливаемых на большом удалении от буровой платформы, в кабельном варианте

Необходимо будет разработать такой способ вывода кабеля с моря на буровую, при котором будет исключена возможность попадания кабеля на буровой инструмент при штормах или при изменении направления течения.

При правильном выборе направления прокладки кабелей и при соблюдении капитанами судов правил постановки на якорь около буровой эти проблемы могут быть сняты.

СКБ САМИ имеет большой опыт работы с кабельными системами. На гидроакустическом стационаре "Озеро Птичье" в течение многих лет эксплуатировались приемные акустические кабельные станции, оснащенные акустическими, сейсмическими и гидрофизическими датчиками. Проводились эксперименты с приемом акустических сигналов, передаваемых с острова Итуруп через Охотское море. Была установлена и эксплуатировалась кабельная станция обнаружения волн цунами.

#### 4. Автономные буйковые станции

Буйковые станции могут устанавливаться как в непосредственной близости от буровой платформы, так и на расстоянии десятков километров. Буйковая станция - это традиционная система сбора данных в море.

Буйковые станции ставятся и снимаются с судов. В зависимости от емкости источников питания станции могут ставиться на срок от нескольких суток до года и более. Как правило, измерительные приборы устанавливаются на нескольких горизонтах.

Данные передаются через радиоканал и записываются в память.

Преимущество буйковой станции - мобильность. Группа станций может быть поставлена и снята в течение дня.

Недостатки:

### 1. Недостаточная надежность из-за:

- возможного повреждения судами,
- возможного воровства,
- возможного повреждения льдами,
- возможности потери при штормах,
- возможного нарушение радиосвязи из-за затапливания буйа при сильных течениях.

2. Ошибки измерений из-за волновых движений буйа, которые в виде толчков передаются через поддерживающий трос на датчики.

Для объединения приборов, установленных на различных горизонтах, в единый комплекс используется безразъемная индуктивная связь. Индуктивная связь используется только для передачи данных от приборов на буй и команд от буйа к приборам. Для передачи энергии питания такая линия использована быть не может.

Оборудование буйа:

- радиолокационный отражатель,
- проблесковый маяк,
- радиомаяк (радиоответчик).

В настоящее время часто используются буйковые станции с притопленным бумом.

При постановке станции с притопленным бумом длина троса выбирается такой, чтобы буй фиксировался на глубине 20-50 м. Эти станции более защищены от повреждений и поэтому более надежны. Однако обмен информацией с такой станцией возможен только через гидроакустический канал.

Обязателен донный размыкатель для отсоединения от якоря и всплытия системы. Чаще всего сигнал на размыкатель передается через гидроакустический канал, однако может быть использован также и электромагнитный канал связи. При использовании электромагнитного канала связи необходимо с большой точностью выходить в точку постановки, так как дальность действия электромагнитного канала связи в морской воде невелика (не более 150-200 м).

### **5. Автономные донные станции**

Станции устанавливаются и снимаются с борта судна. Станции оборудуются комплектом датчиков для измерений в придонном слое, источниками питания, системой сброса балласта, гидроакустическим каналом связи. Станция может быть быстро установлена в любой точке. Такие станции, оборудованные твердой памятью для хранения результатов измерений, могут представлять интерес как мобильное средство контроля при аварийных ситуациях.

Для быстрого обнаружения всплывшей донной станции на ней устанавливаются:

- радиолокационный отражатель,
- проблесковый маяк,
- радиомаяк (радиоответчик).

В нашем конкретном случае по информативности автономные донные станции практически равноценны буйковым станциям и кабельным станциям, но конструкция автономной донной станции сложнее конструкции буйковой станции и

сложнее конструкции кабельной станции. Преимущество автономной донной станции - легкость постановки и подъема.

Недостаток автономных донных станций - в ограниченности запасов энергии и ненадежности гидроакустического канала связи.

СКБ САМИ имеет большой опыт работы с автономными донными станциями. В СКБ разрабатывались и эксплуатировались акустические донные станции, рассчитанные на работу на глубинах до 6000 м. Накоплен опыт подготовки, постановки и подъема на борт, обработки и интерпретации материалов измерений.

Практически автономные донные станции могут ставиться на срок от недели до нескольких месяцев. Длительность постановки определяется в основном возможностью обеспечения энергией. При интенсивном использовании гидроакустического канала связи длительность постановки ограничивается 10-20 сутками.

### **6. Автономные донные биологические станции**

Донная станция может быть использована как инструмент для обнаружения загрязнений в следовых количествах.

Как ранее было показано, при наличии загрязнения в следовых количествах современные технические средства не обеспечивают надежных данных. Для решения этого вопроса могут быть использованы биологические объекты. Специально отобранные биологические объекты-интеграторы или индикаторы могут быть установлены в садке на поверхности донной станции, и биологические объекты практически помещаются в исследуемую среду.

Донные станции с садками, в которых расположены биологические объекты (например, моллюски), устанавливаются в контролируемом районе и в эталонном "чистом" районе. Через заданный интервал времени станции снимают, и проводят исследование тканей моллюсков, их вес и размер. Сравнивая состояние моллюсков в контролируемом и "чистом" районах, можно сделать определенные выводы о наличии следов загрязнений.

Можно также организовать наблюдение техническими средствами автономной станции за поведением моллюсков: частотой дыхания и реакцией на раздражители. Эти данные могут быть записаны в память и после подъема станции расшифрованы

Возможны и другие методы использования автоматической донной станции как носителя "биологического аквариума".

## **III. Каналы связи**

**1. Кабельный канал** || При постановках кабельных станций используются два типа кабелей: тяжелые морские, например, такие, как КПП 5/18, и геофизические кабель-тросы типа КОБД.

Кабель КПП 5/18 - это одножильный коаксиальный кабель. Сопротивление жилы около 1 Ом/км и затухание в полосе до 500 кГц около 1 дБ/км. Такие кабели очень дороги, применяются для организации трансокеанских линий связи. Для прокладки таких линий используются специальные суда - кабелеукладчики.

Кабель-трос КОБД предназначен для опускания приборов в скважины. Сопротивление жилы у такого кабеля 30-40 Ом/км и затухание около 5 дБ/км в диапазоне звуковых частот. Практика показала, что такие кабели могут использоваться

для постановок кабельных станций в море. Морские кабельные станции на таких кабелях эксплуатировались на полигоне "Озеро Птичьё" в течение многих лет. Кабель выходит из строя в береговой полосе от повреждений льдами или разрушения (перетиранья) галькой при волнении. Эти источники опасности при постановках с буровой отсутствуют.

Для прокладки геофизического кабель-троса не требуется кабелеукладчик. Такой кабель может быть проложен с судна, оборудованного траловой лебедкой. Разрывное усилие для такого кабеля всего 10÷15 т. Поэтому требуется осторожность, особенно при прокладке в условиях непогоды.

Одножильный кабель может быть использован для передачи энергии с буровой на станцию и для связи в двух направлениях. Для передачи команд с буровой и передачи данных на буровую может использоваться метод частотной манипуляции.

Возможно также использование стандартных модемов с минимальными согласующими устройствами (для согласования с волновым сопротивлением кабеля, которое составляет 50÷70 Ом), а также использование стандартных программ со скоростью работы 300-600 Бод.

Для определения мощности сигнала на выходе кабельной станции при передаче сигналов на буровую необходимо знать уровень и спектр помех на выходе кабеля от работающих механизмов буровой. Эти данные в настоящее время отсутствуют. В процессе рабочего проектирования необходимо провести исследования уровня помех.

Для надежной передачи данных на буровую необходимо обеспечить на выходе кабеля соотношение сигнал/помеха не хуже 20 дБ (10 раз по напряжению). По предварительным оценкам, уровень сигнала на выходе кабеля должен быть не менее 10÷20 мВ. Соответственно при длине кабеля 5 км уровень сигнала на входе 0.5÷1.0 В, т.е. при волновом сопротивлении кабеля 50 Ом амплитуда тока на выходе кабельного усилителя 20÷30 мА при постоянной составляющей около 50 мА.

Такие требования могут быть реализованы без затруднений.

Если предположить, что опрос датчиков будет проводиться через 5 минут, число измерительных каналов будет 10, и каждый канал потребует для передачи 20 бит, то общее число бит будет 200, при скорости передачи 300 бод время передачи не превысит 1 сек., а остальные 299 сек. станция будет молчать. Важным преимуществом кабельного канала связи является возможность передачи энергии по кабелю на донную станцию.

**2. Гидроакустический канал связи** ||| Гидроакустический канал связи используется для передачи результатов измерений с автономной донной станции на буровую или на судно, а также для выдачи команд с буровой на станцию. Так как глубины в районе работ не превышают 50 м, то условия работы гидроакустического канала связи при длине трассы 1 км крайне неблагоприятны. Прямой луч проходит практически не будет - в точку приема будут проходить лучи, многократно отраженные от поверхности и от дна. Возможен прием нескольких сигналов, пришедших по различным траекториям и, следовательно, имеющих различные задержки и затухания. Общее время распространения сигнала около 0.7 сек. Структура и

уровень принимаемых сигналов будут изменяться при изменении состояния гидрологии на трассе распространения сигнала (возникновение и исчезновение слоя скачка, характера волнения, наличия льда).

Работа механизмов буровой будет создавать гидроакустические помехи, уровень и спектр которых неизвестен.

Расчет такого канала может быть проведен очень приблизительно. В первом приближении канал может быть описан следующим образом:

- используются узкополосные сигналы (ширина полосы 3-5 Гц)
- передача осуществляется методом частотной манипуляции
- скорость передачи 1-2 Бод
- к гидроакустическому преобразователю должна подводиться электрическая мощность 3-5 Вт
- рабочая частота 20-30 кГц
- время передачи сообщения 200-300 сек.

Таким образом, использование гидроакустического канала связи приведет к значительным затратам энергии источников питания. Использование такого канала связи может существенно ограничить продолжительность работы автономного средства.

### **3. Радиоканал**

При передаче данных от буйковой станции через радиоканал на расстоянии нескольких километров потребуются мощность передатчика не более одного Вт. Скорость передачи при использовании стандартного модема может быть 1200-2400 Бод. При использовании радиоканала могут возникнуть нетехнические проблемы с получением разрешений на использование частот и способов модуляции.

Возможны нарушения связи при работе мощных судовых радиопередатчиков, а также при значительных наклонах буя от волнения.

Время передачи данных не будет превышать нескольких секунд.

При применении радиоканала проблемы с обеспечением энергией для работы канала не ожидаются. Надежность радиоканала во многом зависит от используемых технических средств и конкретных условий работы. Известно большое количество как российских, так и зарубежных технических средств, и при соответствующем выборе аппаратуры и соответствующих затратах необходимая надежность может быть обеспечена.

## **IV. Выбор варианта построения системы**

Решение в пользу выбора того или иного варианта построения системы следует принимать после оценки всех параметров:

- информативности станции,
- надежности,
- сложности постановки и обслуживания.

По информативности все три сравниваемых варианта практически равноценны.

По надежности наилучшим будет кабельный вариант (сравнение каналов связи энергетики и состава оборудования).

По сложности постановки наиболее трудной является постановка кабельной станции, наиболее простой - постановка автономной донной станции.

Однако, будучи однажды поставленной, кабельная донная станция будет работать годы, не требуя замены и обслуживания.

Поэтому разумно ориентироваться на кабельные станции. Однако в мелководном районе (там, где глубины не превышают 30 м), может быть, придется отказаться от кабельного варианта из-за возможности повреждения кабеля зимой ледяными горами (стамухами). В этом случае экономически более целесообразно использовать буйковую станцию с радиоканалом. Потребуется организовать специальную службу для обслуживания буйковых станций.

### V. Общее описание измерительной системы

Измерительная система (рисунок 41) в минимальном варианте состоит из следующих узлов:

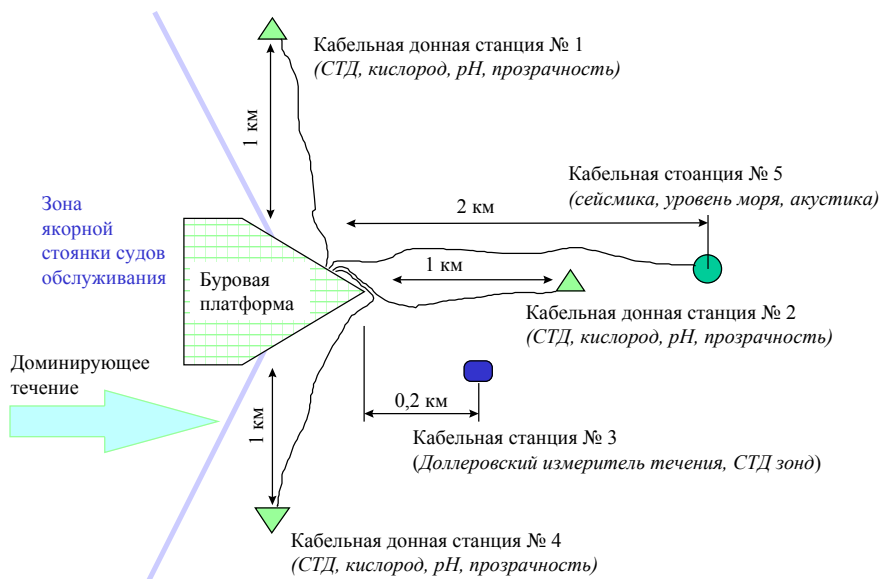


Рисунок 41. Схема развертывания контрольно-измерительной аппаратуры в составе локальной системы мониторинга, базирующейся на буровой платформе.

#### 1. Аппаратура, установленная на буровой

Это автоматическая метеорологическая станция. Станция измеряет и выдает в ЭВМ данные о температуре, влажности и давлении воздуха, а также о силе и направлении ветра.

Это экспресс-лаборатория, оборудованная управляемыми от ЭВМ анализаторами углеводородов и тяжелых металлов.

Это стационарно установленный на глубине 5-10 м под вертолетной площадкой буровой платформы зондирующий измеритель типа Si CHEMITRACKA фирмы Si для измерения температуры, проводимости, кислорода, pH и редокса в поверхностном слое.

Это радиолокационный или лазерный измеритель волнения. Этот же измеритель регистрирует наличие пленки нефти на воде.

Может быть также установлен одноразовый контактный датчик нефтяной пленки.

Информативность оборудования буровой - 20 измерительных каналов.

## **2. Доплеровский измеритель профиля течения**

На расстоянии 200 м от буровой в направлении доминирующего течения устанавливается кабельная донная станция. На станции устанавливается доплеровский измеритель профиля течения типа RD (AANDREA) и измеритель CHEMITRACKA. Измеряются профиль течения и параметры воды в придонном слое.

Информативность кабельной станции - 10 измерительных каналов.

## **3. Кабельные донные станции**

На расстоянии 1 км от буровой по окружности устанавливается еще 3 донные станции. На станциях устанавливаются приборы CHEMITRACKA для измерений температуры, солености, давления, кислорода, pH, редокса, а также оптических характеристик воды в придонном слое.

Информативность этих 3 станций - 30 измерительных каналов.

На расстоянии 2÷5 км от буровой устанавливаются сейсмодатчики и прецизионный датчик уровня моря.

Таким образом, имеется около 60 низкоскоростных каналов и несколько высокоскоростных (сейсмических) каналов.

Если каждый из 60 низкоскоростных каналов будет 16-разрядным и производится одно измерение в 5 минут, то средний поток информации будет 3-5 бит в секунду.

## **4. Сейсмическая станция**

Если используется 3-компонентный сейсмометр с полочкой 100 Гц, то общее число выборок в секунду будет около 1000 и при 20 разрядных АЦП поток информации будет около 20 кбайт/сек.

Достаточно большой поток информации от сейсмических датчиков потребует высокоскоростного центрального процессора на буровой для обработки сейсмических данных в реальном времени.

Для передачи цифровых сигналов от сейсмических датчиков через кабель может быть использован высокоскоростной модем на 28 кбит/сек., работающий в синхронном режиме.

Вопрос проектирования канала передачи данных от сейсмометра через кабель требует дальнейшей проработки, однако есть основания рассчитывать, что по кабель-тросу типа КОБДТ можно будет передать данные с сейсмометра на расстоянии нескольких километров.



Для передачи цифровых данных от других кабельных станций могут быть использованы стандартные низкоскоростные модемы, работающие со скоростью 1200-2400 бод и ниже.

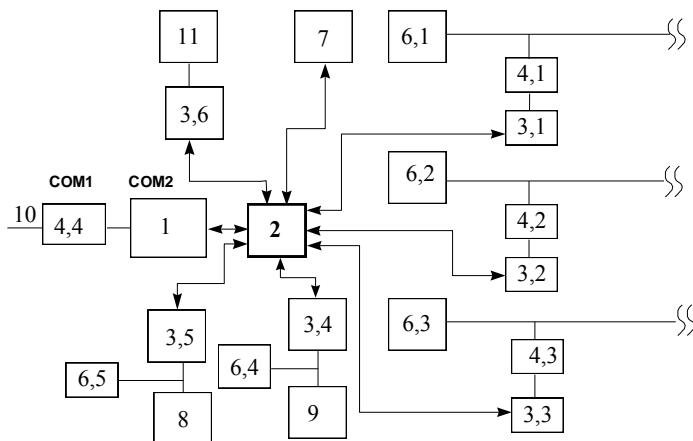


Рисунок 42. Блок-схема обмена данными между центральной ЭВМ и источниками информации. 1 - ЭВМ; 2 - главный контроллер; 3.1 - 3.6 - периферийные контроллеры; 4.1. - 4.4 - модемы; 5.1 - 5.3 - кабели связи с донными станциями; 6.1 - 6.5 - источники питания донных станций; 7 - автоматическая метеостанция; 8 - прибор оптического зондирования поверхности моря «Оптоскан»; 9 - STD зонд; 10 - внешняя телефонная линия связи; 11 - донный доплеровский измеритель профиля течений.

В целом блок-схема взаимодействия ЭВМ буровой с источниками информации будет состоять из следующих узлов (рисунок 42): центральная ЭВМ-1, главный контроллер - 2, периферийные контроллеры - 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, модемы - 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, кабели связи - 5.1, 5.2, 5.3, источники питания - 6.1, 6.2, 6.3, автоматическая метеостанция - 7, «Оптоскан», STD зонд на буровой - 8.

Центральная ЭВМ типа IBM через последовательный порт COM1 обменивается данными с центральным контроллером 2. Центральный контроллер 2 через параллельные порты обменивается данными с периферийными контроллерами 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, которые, в свою очередь, через модемы 4.1, 4.2, 4.3 и кабели связи 5.1, 5.2, 5.3 обмениваются с процессорами кабельных станций.

Автоматическая метеостанция 7 связана непосредственно с главным контроллером 2. Лидар 8 и STD зонд, установленный на буровой, связаны с главным контроллером 2 через периферийные контроллеры 3.4 и 3.5. Кабельные станции питаются от источников питания 6.1, 6.2, 6.3. STD зонд буровой питается от источника питания 6.4.

Центральная ЭВМ 1 связана с телефонной линией через порт COM2 и модем 4.4 Экспресс-лаборатория 11 на буровой платформе связана с центральным контроллером 2 через периферийный контроллер 3.6.

Возможна и другая схема соединения узлов. Главное то, что система может быть собрана из стандартных элементов и возможно использование стандартных программных блоков (например, для организации обмена через кабель).

**Алгоритм работы системы может быть следующим:**

1. Периферийные контроллеры 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 через определенный интервал времени выдают команды включения источников питания 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5. Производятся измерения и в периферийные контроллеры через модемы 4.1, 4.2, 4.3 или непосредственно поступают результаты измерений.

2. Периферийные контроллеры обрабатывают полученные данные и выдают их в центральный контроллер 2 через параллельный порт. Центральный контроллер 2 через последовательный порт COM1 обменивается данными с центральной ЭВМ 1.

3. В центральной ЭВМ проводится обработка данных, их накопление и передача в центр по телефонной линии через радиорелейные, спутниковые или другие каналы связи.

При измерениях случайных процессов для получения достоверных оценок важно обеспечить правильный период измерений.

Период измерений должен определяться временным масштабом изучаемых процессов, а полосы пропускания измерительных каналов должны быть согласованы с периодом измерений.

Выбор оптимального периода измерений очень важен для автономных измерительных систем, поскольку период измерений и продолжительность работы жестко связаны.

При построении кабельной станции такой связи нет, и период может быть выбран достаточно малый, например, от 3 до 5 минут, а все необходимые процедуры фильтрации или сглаживания могут быть сделаны в ЭВМ на буровой.

**VI. Описание измерительного модуля**

Как кабельные, так и буйковые и автономные донные станции могут быть оборудованы однотипными датчиками, поэтому с точки зрения получения информации практически равноценны. На любой станции может быть установлен унифицированный измерительный модуль.

Унифицированный измерительный модуль включает все функциональные элементы:

- устройство управления и обработки данных,
- таймер,
- датчики,
- источники энергии,
- канал связи,
- устройства жизнеобеспечения.

В зависимости от конкретного использования (в составе автономной донной станции, буйковой станции или кабельной станции) некоторые узлы измерительного модуля могут различаться или не использоваться.

При применении в качестве исходных источников информации приборов типа зонд СТД выходными сигналами могут быть:

- напряжение постоянного тока от минус 1 до плюс 1 В,
- частотный сигнал в диапазоне от 1 кГц до 10 кГц,
- последовательный код в стандарте RS 232.

Устройство управления и обработки должно преобразовать эти сигналы в стандартный код, передаваемый на буровую. Для преобразования аналоговых сигналов в код должен использоваться аналого-цифровой преобразователь (АЦП) не менее чем на 12 разрядов.

Возможно применение двух типов процессоров:

- однокристалльная микроЭВМ типа 1851. Этот микропроцессор оборудован встроенным ПЗУ и ОЗУ, имеет таймеры и последовательный канал связи. Для обработки аналоговых сигналов необходим дополнительный аналого-цифровой преобразователь. Общее энергопотребление при использовании КМОП процессора может быть доведено до 30-50 мА. Стоимость процессора 20-30 долларов, столько же стоит и АЦП.

- миниатюрная ЭВМ типа 6012 фирмы OKTAGON на процессоре V20 (аналог 8088). ЭВМ полностью совместима на уровне программ с ЭВМ типа IBM 80x86. ЭВМ имеет память 1мб, диски на 512к, выполненные на энергонезависимой твердой памяти (так называемые ФЛЕШ диски), встроенный АЦП, последовательные и параллельные порты. ЭВМ питается от одного источника питания 5 В и потребляет 230 мА. Габариты ЭВМ 10 x 10 x 2 см. По своей мощности эта ЭВМ эквивалентна IBM XT. В эту ЭВМ может быть записана стандартная программа работы с модемом, и к последовательному каналу этой ЭВМ может быть присоединен модем, так что ЭВМ на буровой сможет без затруднений обмениваться данными с кабельной станцией. Недостатками являются стоимость (с учетом ФЛЕШ памяти около 700 долларов) и большое энергопотребление.

Фирма OKTAGON выпускает широкий ассортимент таких ЭВМ. Имеются ЭВМ таких же габаритов с процессором ПЕНТИУМ.

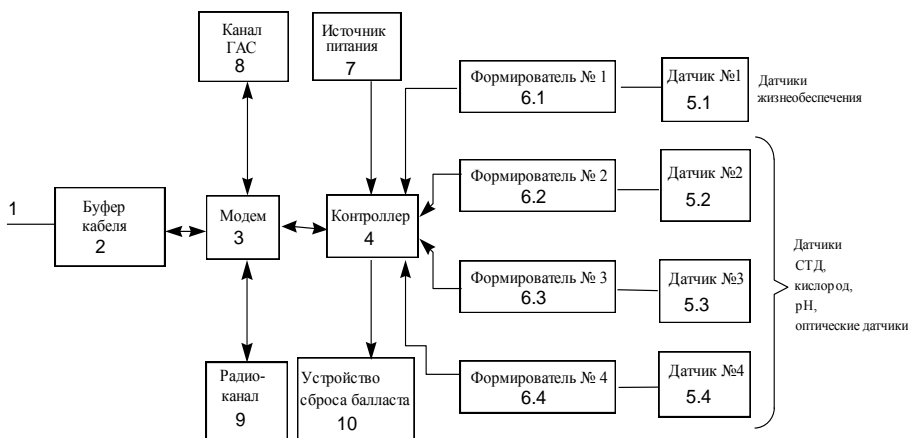


Рисунок 43. Блок-схема унифицированного измерительного модуля: 1 - кабель связи; 2 - буфер кабеля; 3 - модем; 4 - контроллер (ЭВМ); 5.1 - датчики жизнеобеспечения; 5.2 - 5.4 - датчики измеряемых параметров; 6.1 - формирователь сигналов датчиков жизнеобеспечения; 6.2 - 6.4 - формирователи сигналов датчиков измеряемых параметров; 7 - источник питания (аккумулятор); 8 - устройство связи через гидроакустический канал; 9 - радиоканал; 10 - устройство сброса балласта

При применении такой ЭВМ количество дополнительных электронных блоков может быть сведено к минимуму: это буферные усилители и формирователи сигналов датчиков, ключи включения питания.

Поэтому, несмотря на то, что ЭВМ 6012 дороже, чем однокристалльная микро-ЭВМ, целесообразно строить систему на ЭВМ типа 6012 - суммарные затраты будут меньше, чем при применении микропроцессоров типа 1851.

Для стыковки с кабелем может быть применено специально разработанное в СКБ САМИ устройство (буфер кабеля), которое выполняет три функции: является стабилизатором питания; усилителем мощности для передачи сигналов со станции на буровую; приемником сигналов, передаваемых с буровой на станцию.

При построении на основе этого модуля (рисунок 43) кабельной станции в модуле устанавливается буфер кабеля, контроллер - 2, модем - 3; датчики - 5; формирователь - 6. Блоки 7,8,9,10 не используются.

Если устройство должно работать в буйковой станции, блок 2 не устанавливается, но устанавливаются блоки 7-9.

Если создается автономная донная станция, то блоки 2 и 9 не устанавливаются, но устанавливается 7,8,10.

Оптимальный вариант - это кабельная станция. Конструкция самая простая.

Блок-схема унифицированного измерительного модуля изображена на рисунке 43. Здесь 1 – кабель, 2 - буфер кабеля, 3 – модем, 4 - ЭВМ 6012, информационные датчики, формирователи информационных датчиков, датчики жизнеобеспечения (напряжения источников питания, влажности внутри приборного контейнера и вертикальности).

При построении на основе этого модуля автономной донной станции буфер кабеля не устанавливается, но добавляются блоки гидроакустического канала связи, проблесковый маяк, радиомаяк, аккумулятор, устройство управления сбросом балласта.

При построении кабельной станции ожидаемое энергопотребление не превышает 500 мА. Поэтому при длине линии 2км напряжение на входе кабеля не превышает 40÷50 В.

Для единообразия целесообразно строить центральный и периферийные контроллеры процессорной системы на буровой платформе также на ЭВМ 6012.

## ***VII. Заключение***

1. Автоматическая система экологического контроля на данном уровне техники нереализуема.

2. В настоящее время возможны измерения в автоматическом режиме стандартных гидрологических параметров: температуры, течения, солености, а также содержания кислорода, рН, редокса, хлорофилла и оптических параметров. Необходимы дополнительные исследования для определения взаимосвязи между этими параметрами и экологическими характеристиками среды.

3. На буровой платформе должна быть организована химическая экспресс-лаборатория для анализов сбрасываемых буровых растворов на содержание нефти и тяжелых металлов. Приборы для экспресс-анализа имеются.

4. Основным средством сбора данных в автоматическом режиме является кабельная донная станция. Система может быть собрана в основном из стандартных элементов.

5. Имеются перспективные разработки, которые в обозримом будущем (1-2 года) могут быть основой для полностью автоматической системы.

#### 2.4. Методы дистанционного зондирования океана из космоса

Многие аспекты космических технологий уже вышли из стадии научных исследований и задействованы в решении повседневных практических задач поддержания оперативной связи, обеспечения безопасности мореплавания и глобальной навигации морского и воздушного флота.

В стадии научных разработок и исследований остался вопрос дистанционного зондирования Земли из космоса, который является междисциплинарной научной проблемой, требующей задействования всего комплекса знаний о Земле и Океане. Решение задач наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды в условиях региональных центров приема и анализа спутниковой информации предполагает привлечение высококвалифицированных специалистов в нескольких областях физики, вычислительной математики и гидрометеорологии.

Не нужно строить иллюзий о том, что запуск в эксплуатацию комплекса приемных антенн позволит заменить информацию, поступающую от сейсмостанций и гидрометеопостов, геологов-изыскателей или простых обходчиков. Спутниковые наблюдения, в лучшем случае, способны по косвенным признакам дать информацию об изменчивости некоторых параметров состояния атмосферы и земной поверхности, по отношению к текущим наземным измерениям или ранее выполненным съемкам, при условии изученности местных факторов влияния и знания комплекса сезонных поправок.

Технические средства и методы изучения Земли из космоса опираются на более чем двадцатилетнюю историю, богатые архивы спутниковых наблюдений и специализированных исследований, отработанные стандартные методики и базовые технологии обработки и анализа космических снимков. Это позволяет уверенно ставить задачи по исследованию и контролю состояния окружающей среды с использованием дистанционного зондирования Земли из космоса в целях информационного обеспечения при решении задач природопользования, а также с целью оперативного контроля состояния моря, атмосферы и поверхности суши.

В последние годы, после развертывания глобальной сети электронной связи Интернет, спутниковые карты с различной тематической наполненностью можно получать непосредственно из крупных мировых гидрометеорологических центров и институтов NASA или Российского космического агентства (РКА). Не умаляя важности использования архивов спутниковых данных Интернет, для организации полноценного мониторинга в Сахалинской области не обойтись без создания специализированной службы, которая будет самостоятельно обрабатывать информацию, поступающую из космоса в оперативном режиме.

В России существует три федеральных центра обработки и анализа информации, поступающей из космоса:

**Москва** - очень хорошо оснащенный центр, куда стекается слишком большое количество космической информации. Для московского центра стала вполне актуальной проблема, связанная с переполнением каналов спутниковой связи, что привело к осознанию необходимости распределения потоков спутниковых данных по региональным спутниковым центрам, в которых к тому же будет проще интерпретировать спутниковые данные путем привлечения специалистов, знающих реальную обстановку на местности;

**Новосибирск** - дооснащен специализированным оборудованием для оперативной компьютерной обработки спутниковых данных, но для запуска его в реальную работу не хватает средств (или специалистов, есть проблемы с финансированием ВЦ СО РАН, академика Алексеева);

**Хабаровск** - пока не имеет современного оборудования, не определены и не задействованы институты, которые способны взять на себя ответственность за решение спутниковых проблем с пользой для всего Дальнего Востока России.

### ***Задачи спутникового мониторинга для Сахалинской области***

Вполне оправданной была бы идея установки на Сахалине приемной антенны для 8-ГГц канала, в котором работают природопользовательские спутники системы «Ресурс». Центр, оснащенный таким оборудованием, может объявить о начале работ по приему, интерпретации и анализу космической информации по заказам всех дальневосточных потребителей. Это помогло бы разгрузить федеральный космический центр в Хабаровске от части природопользовательской информации и облегчило бы составление расписаний для трансляции данных с орбиты. При этом за Хабаровском будут сохранены традиционные скоростные каналы связи со спутниками. По-видимому, это наиболее оптимальное и эффективное для сахалинских оперативных служб решение, которое позволит Сахалинскому центру использовать данные с каждого пролетающего в зоне его видимости природопользовательского спутника.

Практически все народнохозяйственные программы дистанционного зондирования Земли из космоса ориентированы на использование их в службах Росгидромета. Головным институтом Росгидромета является НПО «Планета» в г. Москва. Учитывая, что СахУГМС в настоящее время не ведет практически никаких научных программ, СКБ САМИ предлагает организовать на своей базе выполнение научно-прикладных и исследовательских работ по освоению материалов, поступающих от спутниковых систем наблюдения за состоянием окружающей среды. По мере доводки методик анализа данных и математического обеспечения до уровня достаточного для оперативного использования в условиях оперативных служб СахУГМС, готовые комплексы будут передаваться для эксплуатации в службах и режимных отделах УГМС. При этом СКБ САМИ сможет продолжить выполнение научно-исследовательских работ по освоению новых систем наблюдения, которые, в случае необходимости, смогут быть использованы для более детальной экспертизы материалов, поступающих из космоса.

После специализированной обработки материалы дистанционного зондирования атмосферы и поверхности Земли из космоса могут быть использованы практически во всех областях народного хозяйства Сахалинской области, особенно в

тех, которые непосредственно связаны с использованием природных ресурсов и занимающиеся наблюдениями и контролем состояния окружающей среды. Рассмотрим здесь важнейшие направления исследований Земли из космоса, которые должны создать научно-техническую и организационную основу для комплексного решения поставленной задачи.

### **Методы дистанционного зондирования Земли из космоса**

Выбор методов дистанционного зондирования земной поверхности из космоса, которые предлагаются российской космонавтикой для использования в региональных спутниковых центрах, невелик. В первую очередь, это «пассивные» методы регистрации излучения или отражения от земной поверхности в инфракрасном или видимом световом диапазоне.

Исходя из материалов совещания в Российском космическом агентстве - «Дистанционное зондирование Земли и решение задач природопользования и экологии на федеральном и региональном уровнях», - состоявшемся 20-21 мая 1996 года, можно сделать вывод о возможности запуска в оперативное использование следующих систем спутникового мониторинга:

- 1 - система «NOAA» - «Метеор»;
- 2 - приемные комплексы природопользовательских систем типа «Ресурс»;
- 3 - радиолокационные данные, поступающие со спутников «Океан» и «Алмаз».

### **Технические средства и спутниковые системы**

«NOAA» – «Метеор» || Система гидрометеорологических спутников с высотой орбиты  $\approx 900$  км, на борту которых установлены радиометры высокого разрешения (*AVHRR - advanced very high resolution radiometer*), принимающие собственное излучение Земли в двух видимых ( $0.58 \div 0.68$ ,  $0.725 \div 1.1$  мкм) и трех инфракрасных ( $3.53 \div 3.93$ ,  $10.3 \div 11.3$ ,  $11.3 \div 12.5$  мкм) диапазонах светового спектра, сканирующие Землю по нормали к направлению движения спутника с раскрытием луча на поверхности около 2,5 тыс. км и непрерывно транслирующие результаты измерений по пяти цифровым каналам (*HRPT - high resolution picture transmission*) на частоте  $\approx 1,7$  ГГц, что позволяет за один сеанс связи со спутником принять растровое изображение с дискретностью 1,1 км на одну 10-разрядную точку, общим объемом  $\approx 80$  мб.

Другой режим связи со спутником осуществляется по двум аналоговым каналам УКВ (ч.м.) радиосвязи на частоте  $136 \div 137$  МГц (*APT - automatic picture transmission*), по которым ночью транслируются два инфракрасных канала, а днем один из них заменяется на видимый канал радиометра. Дискретность растрового изображения получается 4 км на 8-разрядную точку, общий объем данных за один сеанс связи не превышает 6 мб. В упрощенном варианте прием осуществляется на спиральную УКВ антенну с круговой диаграммой направленности, что существенно снижает стоимость приемного комплекса.

В обоих режимах трансляция каждая линия сканирования дополняется информацией от приборов длиннопериодного зондирования атмосферы и тарировочными поправками радиометров высокого разрешения.

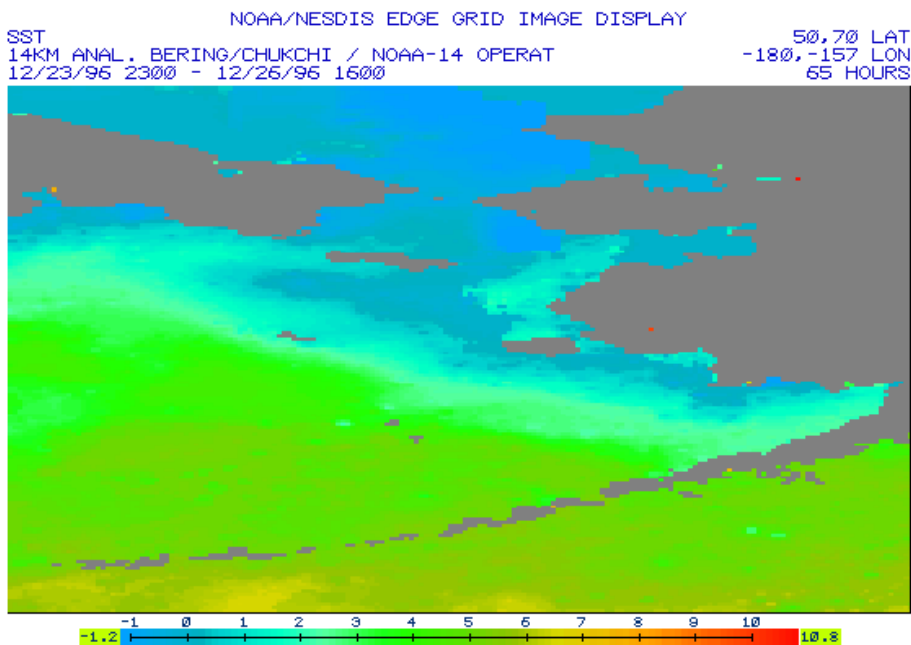


Рисунок 44. На рисунке приведен снимок поверхностных температур моря в северной части Тихого океана. Снимок получен по сети Интернет из центра оперативной обработки спутниковых данных NOAA. Аналогичную систему оперативного распространения спутниковой информации можно создать на Сахалине (в СКБ САМИ), которая в первую очередь будет обеспечивать информацией российские гидрометеорологические и научно-исследовательские центры

После проведения комплекса работ по адаптации спутниковых измерений к местным условиям гидрометеорологические спутники «NOAA» – «Метеор» могут быть задействованы для повседневного оперативного контроля за состоянием атмосферы, океана и поверхности Земли, обеспечивая получение следующей информации:

- температура подстилающей поверхности, вертикальные профили температуры воздуха, интегральные характеристики влажности, классификация облачности и другие метеорологические характеристики;
- характер и динамика процессов морского и речного льдообразования;
- поиск границ и скорости перемещения ледовых покровов морской поверхности;
- динамика атмосферных фронтов, штормов и ураганов;
- контроль мезомасштабной атмосферной турбулентности;
- выявление и классификация крупномасштабных загрязнений поверхности моря и суши;
- обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий;
- контроль состояния и оценка продуктивности растительности;



- контроль за перемещением границ пустынь и засух;
- обнаружение крупных пожаров и выделение пожароопасных зон в лесах и степях;
- прогноз паводков и контроль динамики снежных и ледовых покровов;
- обнаружения и оценки масштабов зон крупных наводнений.

Пока это единственная система спутникового мониторинга Земли, которая может быть задействована в реальной оперативной работе. Практически все перечисленные материалы представлены в базах данных сети Интернет, кроме, пожалуй, северной части Сахалина и Охотского моря, - районов, которые не попадают в зону прямой видимости из иностранных спутниковых центров. Это означает, что развертывание оперативных систем наблюдения на Сахалине может дополнить и расширить международное научное сотрудничество по изучению глобальных атмосферных и океанских процессов в северной части Тихого океана.

В развитие направления исследований с помощью систем «NOAA» – «Метеор», ожидается запуск нового поколения сканирующих Землю спутников: «NOAA-K» (NASA) и «Метеор-3М» (РКА), на борту которых предполагается установка качественно новых приборов.

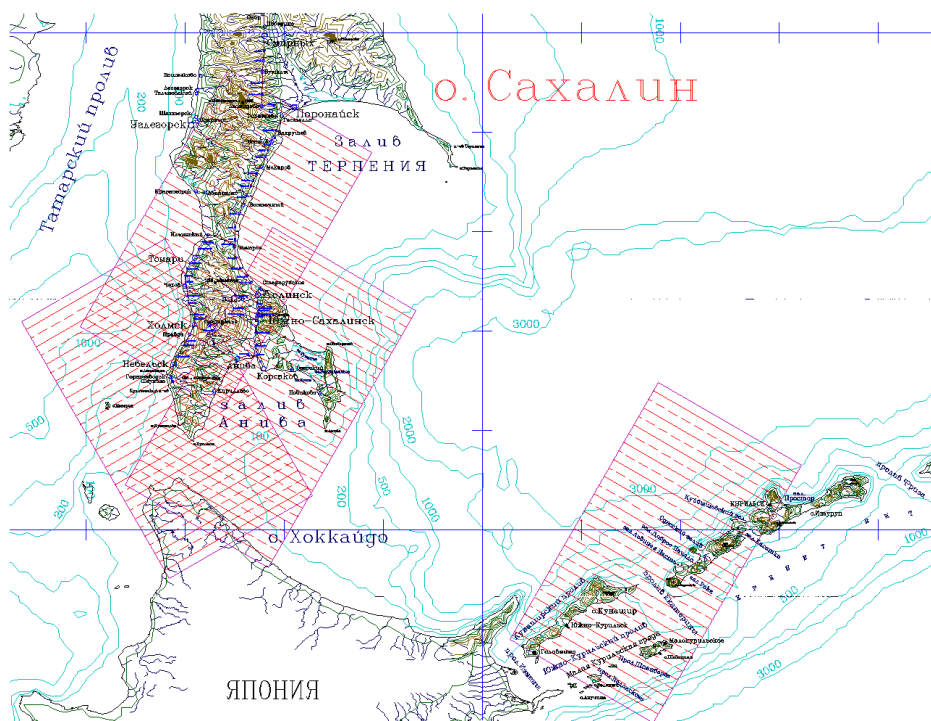


Рисунок 45. Характерные области сканирования поверхности Земли, которые покрываются природопользовательскими спутниками системы «Ресурс» за один сеанс связи с наземным центром

**Природопользовательские  
спутники системы «Ресурс»**

Спутники системы «Ресурс» входят в семейство низколетающих спутников «двойного» назначения, ведущих трансляцию изображения из космоса в 8-ГГц радиодиапазоне на скорости около 16 мб/сек. Для образования прямого канала связи со спутником требуется использование узконаправленных антенн диаметром 2 и более метров.

Малый пункт приема спутниковой информации (МППИ), предназначенный для оснащения малых региональных центров, обладающий высокой надежностью и спроектированный специально для использования в условиях оперативных служб, может быть заказан в РНИИ космического приборостроения. МППИ оборудован антенной 2,5 м, обеспечивает сеанс связи со спутником на частотах 8 ГГц и 1,7 ГГц, имеет вес около 250 кг и потребляет около 5 кВт электроэнергии.

Коммерческие антенны для обеспечения связи в 8 ГГц радиодиапазоне изготавливаются в московской фирме «Скан». Комплекс называется «СканЭР», поставляется и передается фирмой «под ключ» с базовой математикой собственного изготовления. Срок поставки - около трех месяцев, стоимость 200 тыс.руб.

В настоящее время с помощью 8-ГГц антенны возможен прием информации от спутника «Ресурс-О» и специализированного модуля «Природа» на пилотируемом комплексе «Мир». Планируется, что в будущем для природопользовательских целей в этом диапазоне начнет работать тяжелый украинский спутник «Большой Океан», а также новый спутник «Ресурс-Арктика».

Регламент работы со спутниками серии «Ресурс» определяется из Центра управления в Москве, куда должны посылаться заявки на включение спутника над заданным регионом. К сожалению, такой регламент работы, когда заказы на связь со спутником исполняются в двухнедельный срок, не может удовлетворить потребности сахалинских служб наблюдения за обстановкой на море. Тем не менее работа с указанной системой должна помочь в отработке процедур взаимодействия с космическими центрами управления, позволит освоить высокоскоростные каналы спутниковой связи и в будущем приступить к оперативной обработке данных, поступающих со специализированных морских систем типа «Океан».

**Радиолокационные  
спутники системы  
«Океан»**

Спутники серии «Океан» предназначены для активного сканирования поверхности океана, что обеспечивает реальное наблюдение за обстановкой на море вне зависимости от состояния облачности других атмосферных процессов. В настоящее время система «Океан» активно используется для обеспечения безопасности мореплавания в Арктике и Антарктике. Сахалинская область является единственной в России островной областью, для которой специализированные спутники системы «Океан» должны обеспечить решение большого блока задач оперативного наблюдения за обстановкой на море с целью контроля состояние окружающей среды.

Российская космическая система «Океан» эксплуатируется с сентября 1983 года, обеспечивая потребности различных подразделений Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромета),

головной организацией Росгидромета по проведению космических исследований является научно-производственное объединение «Планета».

Система «Океан» представлена 7 спутниками: «Космос-1500»; «Космос-1602»; «Космос-1766» («Океан-01, №1); «Океан-01, №3»; «Океан-01, №5»; «Океан-01, №6»; «Океан-01, №7». Последний спутник этой серии был запущен в октябре 1994 года.

Бортовой радиофизический комплекс (РФА) каждого спутника включает в себя радиолокатор бортового обзора (РЛС БО) с длиной волны 3,2 см, разрешением 1,5 км, микроволновый радиометр (PM08) с длиной волны 0,8 см, разрешением 15 км, четырехканальный (0.5÷0.6, 0.6÷0.7, 0.7÷0.8, 0.8÷1.1 мкм) оптический сканер малого разрешения (МСУ-М) с разрешением 1,5 км. Комплекс РФА позволяет проводить синхронную съемку всеми дистанционными приборами в совмещенной полосе - 470 км - в любое время суток и при наличии облачности. Аппаратура РЛС БО со столь широкой полосой обзора (470 км) осуществляет полное покрытие радиолокационной съемкой полярных областей за 3 суток. Передача космических данных ведется на три основных пункта Росгидромета, которые находятся в Москве, Новосибирске и Хабаровске.

Таблица 16. Возможности космических РСА по наблюдению океанских явлений

Характеристика	Алмаз-1	ERS-1 / ERS-2	JERS-1	Radar-SAT
Температура воды	-	-	-	-
Содержание хлорофилла	-	-	+ радио- метр	-
Береговая линия	+	+	+	+
Течения, уровень моря	-	+ альти- метр	-	-
Вихри, ринги	-	+	-	+
Фронты (динамические)	+	+	+	+
Апвеллинг	+	+	+	+
Поверхностное волнение	+	+	+	+
Внутренние волны	+	+	+	+
Приводный ветер	-	+ скатеро- метр	-	-
Нефтяные загрязнения, пленки ПАВ	+	+	+	+
Подводная томография на мелководье	+	+	-	+
Морской лед	+	+	+	+
Корабли и их следы	+	+	+	+

После того как в октябре 1991 г. перестал функционировать РЛС БО на ИСЗ «Океан-01, № 6», радиолокационная съемка с помощью РЛС БО около трех лет в России не проводилась. В настоящее время работает только один спутник «Океан-

О1, № 7», который был запущен 11 октября 1994 года, следующий спутник серии «Океан» планируется к запуску украинской стороной.

В 1998 году планируется запуск третьего российского спутника из серии «Алмаз» - космический аппарат «Алмаз-1В», который будет работать в течение трех последующих лет. Основу измерительного комплекса КА «Алмаз-1В» составят Х-, S- и Р-полосные радиолокаторы (3, 10 и 70 см) с синтезированной апертурой (РСА), в дополнение к которым будут работать два мультисонарных сканера МСУ-Э и МСУ-СК, лидар и спектрорадиометр.

Радиолокационные методы зондирования океана опираются на визуализирующие свойства коротких гравитационно-капиллярных волн, длина которых соизмерима с радиолокационной волной. Несмотря на то, что радиолокация морской поверхности позволяет получать только качественную информацию о состоянии моря и только в отдельных случаях - количественную, именно радиолокационные методы, благодаря их всепогодности, позволяют получать информацию об обстановке на море в реально оперативном режиме.

При этом могут контролироваться следующие гидрофизические и гидродинамические процессы в океане:

- 1) **Морские льды**. Хорошо различимы на радиолокационном изображении (РЛИ) из-за различного рассеивания РЛ-излучения льдом и морской поверхностью. По радиояркостным характеристикам льдов можно определять возраст, структуру и условия их образования;
- 2) **Морские загрязнения, пленки поверхностно-активных веществ** (ПАВ). Пленки ПАВ и нефтепродуктов изменяют физические свойства морской поверхности - например, поверхностное натяжение. В результате на РЛИ возникают затенения, обусловленные гашением в пленках ПАВ сантиметровых и дециметровых волн, или блики на РЛИ, которые характеризуют снижение интенсивности ветрового волнообразования;
- 3) **Поверхностные волны и зыбь**. На РЛИ можно выделить различные системы волн, в различных направлениях, рефракцию волн на мелководье и интерференцию их за препятствиями. Методами спектрального анализа РЛИ можно определять структуру и тип волнения, длину волны, направление и скорость распространения, количество систем волн. На различных стадиях развития картина взволнованной поверхности, изменяясь со временем и в пространстве, изменяет и структуру изображения, что позволяет при помощи дистанционных средств контролировать эти изменения.

### ***Состояние дел в Сахалинской области***

Учитывая, что освоение спутниковых методов дистанционного зондирования океана было начато только в 1983 году, нетрудно предположить, что геополитические изменения, произошедшие в Советском Союзе, не оставили средств и времени для внедрения современных спутниковых систем наблюдения в сахалинском Управлении гидрометеослужбы. Головной институт по данной проблеме в Росгидромете, НПО «Планета», тем не менее продолжает осваивать (и безраздельно использовать) новые технологии комплексного дистанционного зондирования океана, что означает принципиальную возможность организации на Саха-

лине современного центра по оперативной обработке спутниковых данных (для СахУГМС, в первую очередь), получаемых с различных приборов дистанционного наблюдения из космоса.

1. Большой комплекс приемных средств от спутниковых систем наблюдения имеется в СахУГМС. Для оперативного использования там задействован приемный комплекс АРТ (170 МГц) «Лиана», изготовленный в фирме «Скан». В настоящее время СахУГМС не планирует брать на себя блок научно-исследовательских работ, которые должны предшествовать реальному внедрению спутникового мониторинга в практическую деятельность служб СахУГМС и контрольных органов Сахкомприроды.

2. Комплекс импортной приемной аппаратуры HRPT формата, в комплекте со специализированной для морских исследований вычислительной техникой, установлен в СахНИРО. Этот комплекс предназначен для выполнения отраслевого рыбопромыслового мониторинга и не планируется его задействования с целью непрерывного информационного обеспечения оперативных служб Сахалинской области. Ввиду того, что в СахНИРО установлена профессиональная вычислительная техника (SUN-Sparc), совершенствование математического обеспечения или постановка нестандартных задач могут быть затруднены.

3. Аналогичное приемное оборудование HRPT формата, в основе которого лежат обычные компьютеры класса IBM-PC, развернуто в Институте вулканологии и геодинамики РАЕН. Недостатком этого комплекса является слабое базовое математическое обеспечение и его территориальная удаленность от южно-сахалинских городских средств электронной коммуникации.

В случае принятия решения о необходимости задействования спутникового оборудования ИВиГ (или аналогичного) в условиях действующих оперативных служб необходимо выполнить комплекс работ по созданию алгоритмов автоматической обработки спутниковых данных, с последующей рассылкой их в оперативные службы. Для организации доступа к картам спутниковых съемок со стороны других заинтересованных потребителей соответствующие тематические карты могут быть показаны на одном из электронных серверов сахалинской сети Интернет.

## 2.5. Элементы информационно-аналитических систем, предназначенных для оперативного анализа обстановки на море

### *Постановка задачи*

В соответствии с базовой концепцией создания и развертывания экологического мониторинга, как составной части системы наблюдения и контроля обстановки на море, поэтапное техническое оснащение единого территориального центра мониторинга должно отмечаться следующими отчетными периодами:

- 1) создание и адаптация к условиям сахалинского шельфа специального математического обеспечения, позволяющего оценивать океанологические процессы и моделировать гидродинамический режим в районе нефтепромыслов, а также проигрывать различные сценарии развития опасных мор-

ских явлений на основе режимной и срочной информации морских служб СахУГМС и данных сейсмической сети СахОМСП;

- 2) создание компьютерных экспертно-информационных систем и океанологических баз данных, на основе которых должны быть отработаны и протестированы различные варианты вычислительных экспериментов (п. 1), изучены конкретные варианты оптимального расположения океанографических приборов и комплексных систем наблюдения. Целью таких исследований является обеспечение поддержки актуальности океанологических баз данных и создание базы для оперативного использования численного моделирования в случае возникновения опасных морских явлений или с целью информационного обеспечения при принятии решений по ликвидации последствий аварийных ситуаций и экологических катастроф;
- 3) развертывание и ввод в режим непрерывных и долговременных наблюдений морских приборных комплексов, включение их в единую систему оперативного информационного обеспечения о состоянии окружающей среды. Морские измерительные комплексы должны быть развернуты только после отработки основной концепции комплексного мониторинга нефтепромысловых районов на сахалинском шельфе, основывающейся не только на достоверности и точности приборного контроля, но и на регламенте действий постоянно действующей экспертно-аналитической службы, отвечающей за действенный контроль, прогноз и предупреждение об опасных явлениях природы и принятие мер по недопущению потенциально необратимых экологических последствий.

Обслуживание технических средств морского базирования, стандартная и срочная обработка результатов измерения должны выполняться соответствующими ведомственными службами СахУГМС и СахОМСП. В любом случае действующие на Сахалине оперативные службы нуждаются в техническом переоснащении и совершенствовании регламента их работы, в том числе с включением в использования инструментария, состоящего из высокоэффективной вычислительной техники и электронных систем сбора и распространения оперативной информации.

В основе регламента работы дежурных океанологов тогда будет лежать непрерывное вычислительное моделирование гидрофизических процессов для всех нефтепромысловых акваторий, сбор из различных источников оперативных и срочных данных о состоянии моря, с целью их использования для адаптации вычислительных моделей к реальным условиям, с последующей систематизацией и включением в базы данных всего комплекса результатов наблюдения и моделирования.

На первых этапах существования информационно-аналитического центра численное моделирование будет сводиться к экстраполяции разреженных наблюдений на более широкие акватории сахалинского шельфа и накопление материалов о текущих гидрофизических процессах и состоянии водной среды. По мере внедрения и опытной эксплуатации новых информационно-вычислительных систем, после отработки каналов поступления оперативных данных, центр мониторинга, на чьей бы базе он ни создавался, должен включиться в реальное комплексное

информационное (в производственном плане) обеспечение нефтепромыслов, на фоне которого и должен выполняться действенный экологический мониторинг.

В соответствии с намеченной концепцией становится уместным рассмотрение имеющихся в СКБ САМИ информационно-вычислительных комплексов, которые уже могут быть предложены к использованию без каких-либо условий и ограничений.

### ***Наработки в области географических информационных систем***

Когда перед СКБ САМИ, как и перед другими морскими и научно-техническими организациями, встала проблема освоения так называемых ГИС-технологий, для выбора базовой платформы были сформулированы основные требования, которые перечислим в соответствии с их научной и прикладной значимостью:

- 1) информационная система должна обеспечивать выполнение вычислительных экспериментов при решении задач океанологии: гидродинамики, гидроакустики, общей гидрофизики океана;
- 2) система должна обеспечивать систематизацию и эффективное использование различных массивов океанографической информации, поддерживать актуальность специализированных баз данных, которые в условиях непрерывных научных разработок должны быстро перестраиваться без потери качества уже накопленной или ретроспективной информации;
- 3) система должна легко перестраиваться (*естественно, с предсказуемыми и положительными последствиями*) для создания специализированных информационных систем и автоматизированных рабочих мест по заказам оперативных служб наблюдения за состоянием окружающей среды, которые являются заказчиками работ, выполняемых в СКБ САМИ;
- 4) информационная система должна поддерживать картографические материалы с различной тематической нагрузкой, а также не противоречить включению в нее научно-прикладных и конструкторских архивов и баз данных СКБ САМИ;
- 5) система должна быть гибкой и посильной для обслуживания специалистами, которые в своей практической деятельности обычно пользуются ограниченными вычислительными мощностями;
- 6) информационная система не должна распылять денежные средства ни при установке-совершенствовании, ни в процессе практической эксплуатации.

На рынке информационных технологий можно отыскать большое разнообразие универсальных программных продуктов, которые, без сомнения, позволяют решать широкий круг информационно-картографических задач. При попытке выбора наиболее удобной системы необходимо ориентироваться на принципы, которые были заложены в техническое задание на разработку этих «рыночных» информационных систем. Здесь обычно возникают проблемы не только в поиске этих принципов, но также и при точном описании назначения программных продуктов, если не принимать во внимание общие или полурекламные тезисы. В то же время в научных публикациях или в прикладных информационно-технических комплексах можно найти очень совершенное математическое обеспечение, кото-

рое в принципе закрыто от свободного использования или недоступно - ввиду его высокой стоимости.

Научные реалии, конечно же, не позволяют использовать какие-либо профессиональные информационные системы, которые к тому же обычно ориентированы на решение конкретных прикладных или технологических задач. С другой стороны, это не мешает принимать обоснованные решения, где в качестве наиболее приоритетных ставятся первые по списку выше условия, призванные к обеспечению современных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

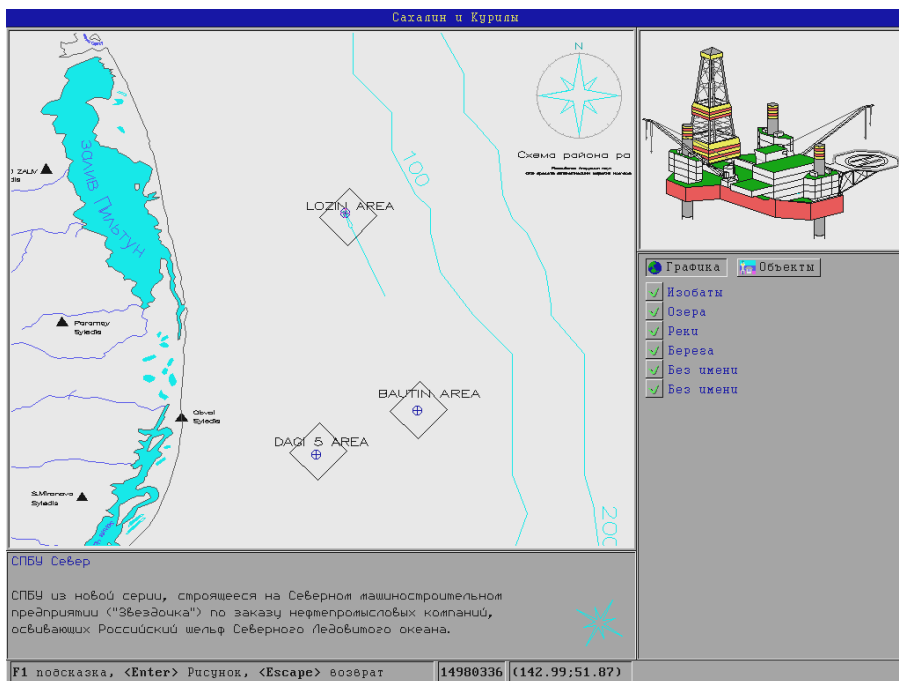


Рисунок 46. Пример изображения на экране ЭВМ во время работы информационной системы "Сахалин"

### Обзор существующих систем

Ранее использовавшиеся в СКБ САМИ системы проектирования были утеряны вместе с вычислительным комплексом на базе компьютера СМ-1700 и микрокомпьютеров семейства «Электроника». Отметим здесь только, что в мировой практике практически все эффективные информационные системы и вычислительные комплексы построены на базе именно таких вычислительных систем.

В настоящее время на российском рынке продолжает широко рекламироваться продукция фирмы Auto-Desk и чертежная программа Auto-CAD в частности. Не будем здесь анализировать особенности этой программы, которая по всем признакам предназначена для подготовки графических материалов рекламно-



представительского характера. Отметим только, что как чертежный инструмент эта программа до сих пор не достигла желаемого совершенства и при этом готовит графические материалы в достаточно сложных форматах (особенности, связанные с назначением), которые к тому же засекречиваются фирмой Auto-Desk.

По результатам экспертно-информационного поиска была подобрана альтернатива AutoCAD-у, которой могла бы послужить система проектирования CADdy, разработанная в Германии. По результатам переписки и переговоров с представителями фирмы «Point-M» в Москве было выяснено, что это модульная система, которая позволяет решать конструкторские задачи и содержит встроенную систему программирования, которая может быть задействована для реализации научных разработок. При всех положительных качествах этой инженерной и географической системы она не обделена общими недостатками всех графических систем представленных на российском рынке информационных технологий:

- 1) программный комплекс привязывается к конкретному компьютеру с помощью «затычки» в параллельном порту;
- 2) программный комплекс имеет огромные размеры как по объему двоичных данных, так и по количеству системных файлов;
- 3) выполненные с использованием комплекса работы не могут быть доведены до уровня нового специализированного АРМ и переданы заказчику (для СКБ это очень важное условие);
- 4) очень высока стоимость как приобретения, так и освоения указанных программных продуктов (стоимость всегда превышает 1-2 летнюю зарплату специалиста на Сахалине, который смог бы за это время разработать новую систему - может быть, даже лучшую, чем закрытые от практического испытания «коты в мешке» у московских продавцов матобеспечения).

Среди наиболее привлекательных по составу прикладных средств выделяется российская разработка ГИС-системы **ГеоКАД** (*GeoCAD System 3.1*). В описании системы сразу же «бросается в глаза» стройность системно-теоретической проработки программных комплексов, которые ориентированы на решение кадастровых задач. К примеру, из практических приложений ГеоКАД известны разработки "Городской земельный кадастр" и "Районный земельный кадастр". Эти системы сегодня позволяют решать следующие задачи:

- 1) собственно учет метрической информации об объектах территории;
- 2) предоставление юридически обоснованных и достоверных данных о правах на землю и недвижимость для органов управления, юридических и физических лиц;
- 3) установление ставок земельного налога и нормативов платежей в бюджет;
- 4) учет количества и качества земли, создание банка данных о наличии и состоянии земельных ресурсов;
- 5) другие управленческие задачи и контрольные функции...

GeoCAD System 3.1 работает в среде Windows и, по определению авторов, является «открытой системой в смысле возможностей информационного наращивания посредством включения в информационное пространство существующих банков данных».

При всех положительных качествах данной информационной системы ее назначение не соответствует океанографическому профилю и морским исследованиям, выполняемым в лабораториях и конструкторских отделах СКБ САМИ. Не исключено также, что эта система не сможет в полной мере обеспечить решение объявленных в ней задач, что обусловлено опять же морскими особенностями сахалинского хозяйства.

Стандартные описания импортных систем типа Arc/Info, MaiInfo и др. всегда начинаются с определений «... высокоуровневая ГИС-система с полным набором средств геообработки, включая сбор данных, их интеграцию, хранение, автоматическую обработку, редактирование, создание и поддержку топологии, пространственный анализ, визуализацию и создание твердых копий любой картографической информации». Практическая же работа с этими продуктами начинается с решения проблем отсутствия русских шрифтов и творческого деформирования американских стандартов под «аля-российские картинки». Опять же, в силу сугубо рыночного отношения к наукоемким технологиям, все иностранные разработки закрыты не только от их совершенствования, но также и от возможности адаптации их к российским условиям.

Вывод - научные подразделения СКБ САМИ еще не готовы к «преклонению» перед мировым опытом, не могут в полной мере использовать российский опыт и вынуждены самостоятельно осуществлять довольно сложные проекты и создавать системы, связанные с анализом обстановки и наблюдением за состоянием моря. Таким образом, показано, что задачи по основному профилю СКБ САМИ никто за него не решит, а то, что делается в СКБ, соответственно, может быть интересно для других (неакадемических) организаций и служб Сахалинской области.

### ***Основные математические и программные принципы, реализованные в информационной системе «Сахалин»***

В разработке информационной системы заложены принципы открытости математических алгоритмов и методов обработки данных, что означает доступность используемых форматов представления графической, гипертекстовой и другой информации для обработки традиционными или общедоступными вычислительными средствами.

Важнейшим звеном всей работы является создание новой среды и системы программирования, которая позволяет систематизировать графические или картографические материалы, объединять их в специализированные информационные системы, и при этом весь комплекс вычислительных средств доступен для совершенствования в виде полного комплекта исходных текстов на языке программирования C++.

В качестве базового формата представления графической информации выбран двумерный вариант описания данных Design-CAD 2D версии 6, имеющий подробное описание в документации к этой универсальной системе проектирования. К достоинствам выбранного формата следует отнести его доступность для прямого использования в программах, написанных на рабочих языках программирования (C++, Паскаль, Фортран), что относится как к текстовому (.dc2), так и к дво-

ичному (.dw2) формату представления данных. К особенностям выбранного в качестве базового формата графических данных следует отнести следующее:

- 1) достаточно высокую плотность кодирования информации;
- 2) универсальность и большой набор графических примитивов (или объектов);
- 3) наличие сплайновых кривых, которые позволяют получать качественные графические изображения независимо от масштаба (аналогичных возможностей нет ни в «AutoCAD», ни в метафайлах «Windows»);
- 4) гибкие средства записи текстовой информации, которые позволяют подготавливать описания объектов на графическом поле в том виде, как это обычно принято в российской картографии (эти средства отсутствуют в MapInfo и ArcInfo);
- 5) наличие возможностей объединения графических объектов и примитивов в группы (блоки), а также расслоение информации по уровням (с пересечением блоков), что необходимо как для выделения сложных графических объектов, так и для расслоения информации по тематическим уровням;
- 6) штриховки, указатели, метки, точки привязки и другие инструментальные и графические средства, которые необходимы не только для подготовки качественной графики, но и для пополнения и корректировки графической информации в будущем.

Разработка базовых форматов представления данных, а также проектирование, создание и отладка всех программных комплексов выполнены в СКБ САМИ, что позволяет в будущем эффективно развивать структуру географической информационной системы, включать в нее новые алгоритмы обработки данных, а также встраивать математические модели и экспертные запросы для анализа информации повышенной сложности. Последнее особенно важно для информационной системы, создаваемой в том числе для использования в условиях оперативных служб островной Сахалинской области, области с уникальным географическим положением, обусловленным высокой сейсмической и гидрометеорологической активностью и целым комплексом опасных природных и морских явлений, оперативный учет которых осложняется недостатком практически всех видов коммуникации.

В алгоритмах программ информационной системы «Сахалин» заложены методы выборки и группировки исходной информации в виде метафайлов, которые по мере считывания данных заносятся в оперативную память ЭВМ, что существенно ускоряет работу программы при повторных обращениях к картографической и текстовой информации. Применение такой технологии обработки информации в будущем может быть использовано при разработке моделей и алгоритмов для оперативной обработки информации или для построения информационно-экспертных моделей и проведения вычислительных экспериментов.

В новой информационной системе и программе «Sakhalin» реализовано считывание географических карт, масштабирование и выбор региона на экране ЭВМ, предусмотрены возможность расслоения графической информации по уровням и выбор географических объектов с помощью указателя или списка. С каждой картой связывается специальный текстовый файл с описательной информацией, который содержит списки связанных с картой объектов, также расслоенных по

уровням, и дополнительную информацию, необходимую для формирования справочной или географической информационной системы.

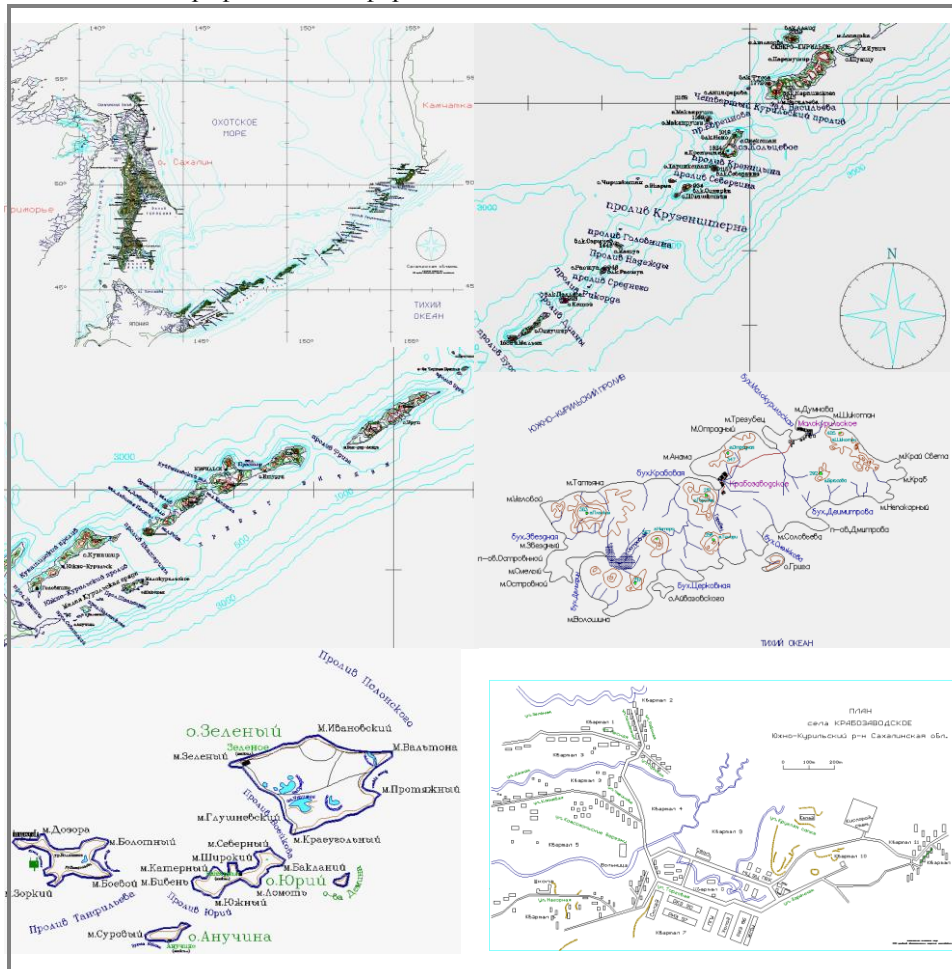


Рисунок 47. Образцы электронных географических карт Сахалинской области и Курильских островов, оцифрованные в векторном формате и расслоенные по базовым тематическим уровням. Карты включены в специализированную географическую информационную систему «Сахалин», созданную в СКБ САМИ и задействованную в текущих научно-исследовательских работах

В целом такое объединение графических и текстовых данных с помощью интерактивной системы, с элементами гипертекстовых связей между различными информационными объектами, представляет собой базовое инструментальное средство для объединения различных, в том числе океанографических и инженерно-конструкторских данных.

Проектирование и разработка программных комплексов выполнена с учетом необходимости включения в новую информационную систему специализирован-

ных математических моделей для анализа состояния окружающей среды и выполнения других информационных запросов.

### ***Структура и состав информационной системы «Сахалин»***

Информационная система «Сахалин» представляет собой электронный атлас Сахалинской области. В состав атласа входит несколько десятков географических карт, задающих картографическую основу для Сахалинской области в целом, с включением географических карт для каждого из 17 сахалинских районов в отдельности, а также планы городов - районных центров, план города Южно-Сахалинска и другие графические данные. С картами связана дополнительная информация, в которой приведено текстовое описание географических объектов.

На текущем этапе разработки информационной системы «Сахалин» основное внимание уделялось оцифровке картографических материалов, составлению кратких описаний сахалинских районов и населенных пунктов, разработке специализированного математического обеспечения, созданию и отладке алгоритмов и сценариев быстрого доступа к картографической и гипертекстовой информации.

Информационная система «Сахалин» может быть перестроена и подготовлена к включению в нее информационных массивов и обобщенных данных о текущем состоянии природной среды, которые и должны образовать экспертно-аналитическую систему мониторинга морских акваторий сахалинского шельфа и Сахалинской области в целом.

### **Общее заключение**

В соответствии с излагаемой здесь концепцией комплексного мониторинга морских акваторий разработка информационной системы, интегрированной в потоки оперативной информации от действующих на Сахалине оперативных служб и систем наблюдения, является первоочередной и наиболее важной задачей, решение которой образует базу для проектирования и создания всех других технических средств и систем мониторинга. А именно:

1) с использованием систематизированных в информационной системе данных о текущем состоянии моря должны быть созданы вычислительные комплексы для упреждающего во времени моделирования процессов взаимодействия атмосферы и океана, отработаны другие экспертно-аналитические запросы. Это необходимо для своевременного получения прогнозов опасных морских явлений и принятия мер по предотвращению аварийных или чрезвычайных ситуаций. По данным, накапливаемым в этой же информационной системе, должны приниматься обоснованные решения о принятии мер в случае ухудшения экологической обстановки;

2) в процессе отработки задач, приведенных выше, обязательно встанут вопросы о необходимости проведения комплексных обследований прибрежных акваторий, по результатам которых потребуются развертывание дополнительных телеметрических систем наблюдения за состоянием моря в конкретных точках шельфовых акваторий, местоположение и количество таких точек должно быть оптимизировано с целью поддержания достоверности информации и точности выполнения вычислительных экспериментов в информационной системе (пп. 1).

## ЧАСТЬ 3.

### ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

#### Введение

*(обобщенная постановка задачи и методы ее решения)*

После рассмотрения доступных на сегодня базовых комплексов информационного и приборного обеспечения следует остановиться на организационно-методических вопросах построения системы мониторинга в районе нефтепромыслов на сахалинском шельфе.

В логической плоскости проекта (см. рисунок 1) снова повторяются задачи цели оперативного прогноза опасных ситуаций, непрерывного и комплексного наблюдения и организации эффективной системы информационного обеспечения при ликвидации последствий природных и техногенных катастроф (пп. 1.х ÷ 3.х.). На независимой (ортогональной) оси этой логической плоскости задаются организационно-технические мероприятия, обеспечивающие решение указанных задач (пп. х.1. ÷ х.3.).

1.х. Оперативный контроль и анализ обстановки на море с целью прогноза и предупреждения об опасных морских явлениях, ледовых подвижках, землетрясениях и цунами, которые угрожают человеческой жизни или могут иметь катастрофические последствия в случае повреждения или разрушения нефтепромыслового оборудования;

2.х. Непрерывный и периодический контроль экологической обстановки в районе нефтепромыслов и на сахалинском шельфе в целом с целью недопущения необратимых и разрушительных природных процессов как в водной толще сахалинского шельфа, так и в районах сосредоточения оборудования или прохождения нефтепроводов на сахалинском побережье;

3.х. Поддержание в постоянной готовности информационных ресурсов, обеспечивающих аварийно-спасательные службы, которые должны обладать объективной информацией для принятия решений о действиях по выводу нефтепромыслов из аварийных ситуаций, или с целью организации эффективных мероприятий по ликвидации катастрофических последствий. В данном вопросе необходимо ориентироваться на существующие в Сахалинской области и в нефтепромысловых компаниях службы, принимая к разработке единую систему оперативного информационного и экспертного обеспечения этих служб.

Достижение указанных целей возможно только в случае задействования существующих ведомственных служб, которые в настоящее время слабо вовлечены в реально-оперативный мониторинг окружающей среды в Сахалинской области. Эти службы работают в соответствии с утвержденными государственными методиками наблюдений и на основе инструкций, регламентирующих принятие решений в экстренных ситуациях. В процессе поиска оптимальных решений по созданию единой системы наблюдения на сахалинском шельфе потребуются совершенствование действующих служб и систем наблюдения, в процессе которого СКБ

САМИ ДВО РАН сможет выполнить роль научно-технической организации, обеспечивающей большой комплекс услуг и работ по созданию, развертыванию, опытной эксплуатации и долговременного технического обслуживания новых систем наблюдения и программно-технических комплексов.

### **Три уровня и задачи взаимосвязанных подсистем:**

#### **х.1. Локальная система наблюдений в районе нефтепромыслов:**

- 1.1. Гидрометеобстановка, сейсмические наблюдения и штормовые предупреждения;
- 2.1. Локальная автоматизированная система гидрофизических наблюдений и контроля состояния поверхности моря;
- 3.1. Поддержание в активном состоянии вычислительных моделей гидродинамики для режима течений, взаимодействия атмосферы и океана, динамики измененного уровня моря, волнового климата и др., адаптированных к оперативным данным, поступающим от служб УГМС и локальных систем наблюдения.

#### **х.2. Специализированная служба контроля обстановки в районе нефтепромыслов:**

- 1.2. Комплексная автоматизированная обработка материалов, поступающих от служб СахУГМС, СахОМСП и из нефтепромысловых районов, а также от собственных постоянно действующих систем наблюдения и материалов текущих полевых обследований;
- 2.2. Прием и специализированная обработка данных дистанционного зондирования поверхности моря из космоса. Накопление материалов наблюдения за состоянием окружающей среды в нефтепромысловых районах. Непрерывное обновление специализированных информационных систем, приспособленных к решению оперативных задач и выполнению экспертных запросов;
- 3.2. Открытие сетевого информационного ресурса (*узла электронной связи и сервера данных*), на котором будет представляться текущая и оперативная информация о состоянии окружающей среды для всех участников работ на сахалинском шельфе (включая рыбаков, океанологов, науку, военных и др). На этом же сервере данных должны представляться исходные данные и прогнозные материалы по всем прилегающим акваториям, которые необходимы для настройки численных и интерполяционных моделей локального мониторинга. Выполнение работ по систематизации данных, поступающих из различных служб и систем наблюдения, выполнение непрерывного численного моделирования гидродинамического режима для акватории, покрывающей все нефтепромысловые районы, с автоматическим представлением полученных данных на общедоступном сетевом ресурсе.

#### **х.3. Экспертно-аналитическая служба и группа научно-технической поддержки:**

- 1.3. Техническое обслуживание и поддержание на современном уровне измерительных систем и информационных комплексов должно выполняться теми же научными коллективами и действующими оперативными службами, которые принимали участие в проектировании, развертывании и запуске системы мониторинга в эксплуатацию;
- 2.3. Детальный анализ текущей информации, выявление потенциально опасных аномалий и разработка эффективных способов предотвращения опасных си-

туаций должны выполняться привлекаемыми к работе научными коллективами и группами исполнителей по мере обоснованной необходимости;

- 3.3. Центр наблюдения за состоянием нефтепромысловых районов должен иметь заранее подготовленный регламент сбора ответственных специалистов и экспертов, должны быть оборудованы автоматизированные рабочие места и поддерживаться в постоянной готовности к использованию численные модели, информационные системы и средства связи, которые должны вводиться в действие немедленно по сигналу об опасности в районе нефтепромыслов.

### 3.1. Обобщенная организационно-техническая схема мониторинга и контроля обстановки на море

Единая система наблюдения в районах нефтепромысловых работ может быть организована в виде группы локальных подсистем, каждая из которых отвечает за близлежащие к буровым платформам акватории. Каждая из локальных подсистем должна осуществлять наблюдение за состоянием моря и обеспечивать принятие обоснованных решений при производственно-технической деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду. Выполнение таких наблюдений может осуществляться вахтенной службой буровых платформ и нефтедобывающих установок, с этой целью на СПБУ должно быть смонтировано специализированное гидрометеорологическое и гидрофизическое оборудование, а также обеспечено поступление гидрометеорологической и сейсмологической информации в соответствии с регламентом рассылки срочных и штормовых оповещений.

Учитывая тот факт, что комплекс нефтепромысловых работ нуждается также в специализированном информационном обеспечении, которое может быть получено как от локальной системы наблюдения, так и после обобщения материалов, полученных на других нефтепромысловых участках и в государственных службах наблюдения. Это означает, что каждая из локальных подсистем должна быть интегрирована в единую систему наблюдения за состоянием всех нефтепромысловых районов и сахалинского шельфа в целом. С этой целью необходима организация специализированного (главного) центра информационного обеспечения и контроля обстановки на море, который должен концентрировать информацию от локальных подсистем, систематизировать ее и предоставлять результирующие материалы, необходимые для эффективного функционирования этих же локальных подсистем.

Последнее показывает, что в финансировании и организации комплексного мониторинга, включающего в себя полный блок экологических наблюдений, должны в первую очередь принимать участие нефтепромысловые консорциумы, что, в свою очередь, обусловлено также их обязанностями по обеспечению безопасности человеческой жизни на море.

После организации единого центра наблюдения за окружающей средой в районе нефтепромыслов, отвечающего за весь блок информационного обеспечения системы наблюдения и контроля на сахалинском шельфе, на него же следует возложить функции сбора и анализа данных от действующих в Сахалинской области оперативных служб, с последующей рассылкой материалов на локальные подсистемы наблюдения, буровые платформы и в службы их жизнеобеспечения.



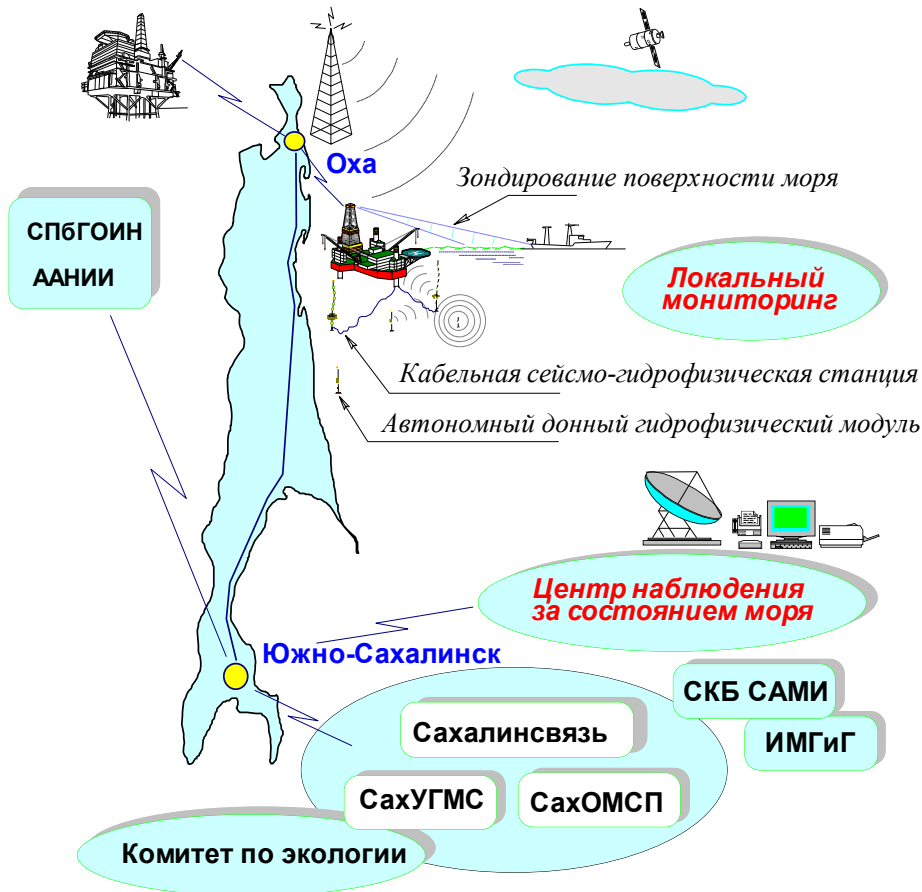


Рисунок 48. Схема дислокации служб и систем наблюдения за состоянием моря с указанием потоков оперативной информации между локальными подсистемами, действующими оперативными службами и центром мониторинга нефтепромысловых районов сахалинского шельфа

На рисунке выше показана обобщенная схема организации комплексного мониторинга сахалинского шельфа, в которой показано, что базовый комплекс наблюдений за гидрометеорологической и сейсмологической обстановкой должны выполнять действующие на Сахалине государственные оперативные службы, в лице сахалинского Управления по гидрометеорологии (СахУГМС) и сахалинская Опытно-методическая сейсмологическая партия (СахОМСП), с привлечением сахалинского Управления связи (Сахалинсвязь) для обеспечения систем наблюдения телеметрическими каналами связи и средствами оперативной доставки штормовых предупреждений и оповещения об опасных морских и природных явлениях.

Таблица 17. Предполагаемые сроки и исполнители работ по организации комплексного мониторинга на сахалинском шельфе

Наименование работ	Сроки	Головной исполнитель	Предполагаемые соисполнители
Техническое оснащение гидрофизической и морской части сейсмологической подсистемы	2 года	СКБ САМИ	ТОИ, Интаари
Развертывание и ввод в эксплуатацию сейсмологической подсистемы	3 года	СахОМСП	СКБ САМИ
Развертывание автоматизированной сети гидрометеорологических наблюдений	2 года	СахУГМС	СКБ САМИ
Создание сети сбора телеметрических данных и службы, обеспечивающей рассылку срочных донесений и штормовых предупреждений	2 года	Сахалинсвязь	СахУГМС, СахОМСП
Оснащение и запуск в эксплуатацию экспертно-аналитического центра мониторинга на базе СКБ САМИ	2 года	СКБ САМИ	СахУГМС СахОМСП СПБГОИН ИМГиГ

### 3.2. Оснащение систем наблюдения и контроля в районе нефтепромыслов

Локальная система мониторинга должна решать комплекс оперативных задач, связанных с обеспечением безопасности работ на море, экологического контроля, и обеспечивать принятие решений в борьбе за живучесть буровых платформ и при ликвидации последствий аварийных разливов нефти. Весь комплекс технических средств может быть развернут на базе гидрометеопоста и обслуживаться вахтенной службой СПБУ. В организационно-техническом плане локальная система мониторинга может быть разделена на следующие подсистемы:

1. Технологический контроль за объемом и содержанием вредных веществ в сбрасываемых в море буровых растворах и грунтовых отвалах, простирающийся до границы зоны влияния, где загрязнения должны убывать до уровня фоновых или допустимых по уровню ПДК. Ответственность за принятие решений при сбросах вредных веществ в море должна быть возложена на бурового мастера (начальника СПБУ). Регламент сбросов в море должен определяться текущим гидродинамическим режимом шельфовых вод, в моменты времени, соответствующие либо максимальному распылению вредных примесей, либо в моменты, наиболее благоприятные для оседания тяжелых взвесей в непосредственной близости от буровой платформы;

2. Гидрофизический контроль состава морской воды, донных отложений и поверхности моря с помощью автоматических регистрирующих приборов, обеспечивающих наблюдение в непосредственной близости от точек бурения и нефтедобычи. Подсистема гидрофизического контроля обеспечит не только независимую регистрацию вредного воздействия на окружающую среду, но и поможет буровому мастеру при составлении временного расписания залповых сбросов;

3. Гидрометеорологические и сейсмологические наблюдения, сбор, анализ и непрерывный контроль обстановки на море с использованием как собственных технических средств, так и срочной информации и штормовых оповещений, поступающих по каналам связи из гидрометеорологических и сейсмологических служб Сахалинской области. На метеопосту буровой платформы необходима организация автоматизированного рабочего места наблюдателя - гидрометеоролога, в состав которого будет входить компьютерная экспертная система, позволяющая оперативно анализировать различные варианты производственного воздействия на окружающую среду, на основе реальных данных прогнозировать и моделировать опасные морские явления и проигрывать различные варианты принятия решений в аварийных ситуациях.

Локальный мониторинг может быть полностью передан в ведение производственно-технологических отделов нефтегазодобывающих предприятий. Достоверность получаемой информации, так же как и защита от подтасовок исходных данных, может быть обеспечена организационно-техническими методами, в основе которых будет лежать подконтрольность главного экспертно-аналитического центра, осуществляющего непрерывную и оперативную интерпретацию океанологической информации, поступающей от его собственных приборных комплексов и от государственных служб наблюдения и контроля.

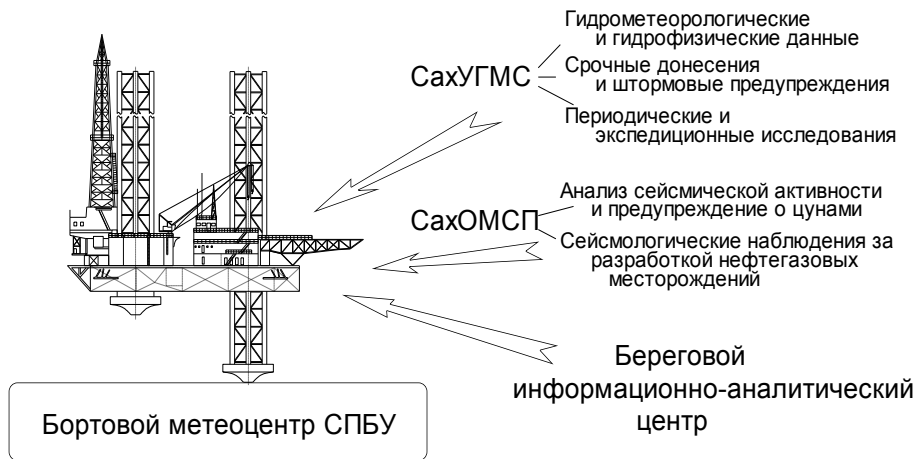


Рисунок 49. Схема поступления на СПБУ оперативной информации, обеспечивающей производственную деятельность, безопасность мореплавания и предупреждение об опасных морских явлениях

1. Наблюдения за состоянием окружающей среды, анализ текущей обстановки	2. Комплекс моделирования и прогнозов опасных морских и природных явлений	3. Экспертно-аналитическая система обеспечения при принятии решений
1.1. Сбор, обработка и анализ данных, поступающих от судового метеопоста, локальной системы мониторинга и производственно-технологических служб СПБУ.	2.1.  (по составу работ $\approx$ 1.2. )	3.1.  ( - $\approx$ 1.3. )
1.2. Прием срочных донесений и штормовых предупреждений от действующих оперативных служб, систематизация и включение этих данных в бортовую информационную систему.	2.2 Непрерывное выполнение численного моделирования гидродинамического режима с учетом взаимодействия атмосферы и океана, с уточненным анализом для близлежащих акваторий.	3.2.  ( - $\approx$ 2.3 )
1.3. Поддержание актуальности бортовой базы данных и информационной системы по состоянию окружающей среды. Автоматизированная подготовка граничных и начальных условий для непрерывного численного моделирования и исходных данных для компьютерных экспертных систем.	2.3. Прогнозные расчеты и моделирование возможных последствий под влиянием опасных морских явлений, цунами, землетрясений, ледовых подвижек и других опасных явлений природы, в том числе вызванных производственной деятельностью и аварийными ситуациями на СПБУ.	3.3. Использование компьютерной экспертно-аналитической системы для принятия наиболее взвешенных решений, учитывающих прежний опыт эксплуатации СПБУ, при подготовке к штормованию, в борьбе за живучесть или в случае других нештатных и аварийных ситуаций.

Рисунок 50. Таблица-схема и содержание локального мониторинга, выполняемого непосредственно в районе нефтепромыслов. По смыслу троичной матрицы проектирования главные элементы системы указаны в диагональных квадратах. Симметричные шесть элементов взаимосвязаны, по сути, отражая взгляд с позиций внутренне-го содержания и получения эксплуатационных результатов

Кроме поддержания в рабочем состоянии собственной локальной системы мониторинга и средств доставки информации от нее в главный центр, бортовой информационно-вычислительный комплекс должен обеспечивать несколько режи-

мов работ для обеспечения собственных нефтепромысловых и производственных задач:

### 1. Повседневный дежурный режим:

1.1. Автоматизированный сбор и систематизация гидрометеорологических и сейсмологических данных, поступающих по каналам связи из сахалинских оперативных служб и специализированного центра мониторинга. Гидрометеорологические данные должны автоматически преобразовываться для использования их в качестве начальных условий при численном моделировании гидродинамического режима на сахалинском шельфе.

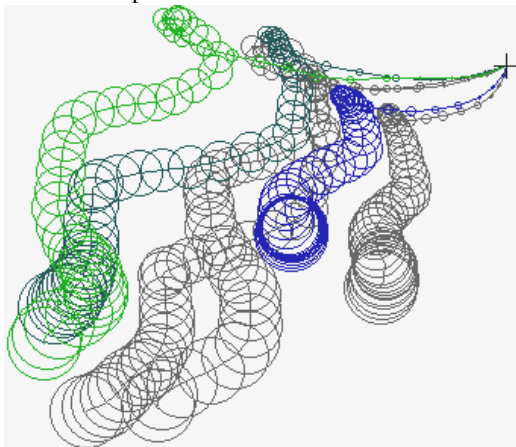


Рисунок 51. Иллюстрация сложности гидродинамики шельфовых течений. Характерные траектории распространения примесей в районе сахалинского шельфа за двухсуточный период. Наблюдения выполняются в двух близлежащих точках, в трех горизонтах - придонном, подповерхностном и на среднем уровне. Увеличение диаметров окружностей пропорционально времени процесса распространения примесей иллюстрирует величину покрываемых площадей и плотность концентрации примесей.

В результате на экране ЭВМ может быть установлена текущая карта погоды (приземный анализ), которая должна постоянно интерполироваться на текущее время, в том виде, как это используется в численном моделировании взаимодействия атмосферы и океана.

1.2. Автоматический сбор, обработка и архивирование материалов, поступающих от системы локального мониторинга и производственно-технологических служб СПБУ. После специализированной обработки поступающих данных они должны быть использованы для уточнения (адаптации) численного моделирования и оперативного уточнения прогнозных моделей и методик оценки опасных морских явлений, предупреждения об опасности природных и техногенных землетрясений.

В результате на экране ЭВМ должна отображаться информация о штормовой мореходности или устойчивости СПБУ, показываться карты с текущим распределением полей скоростей течений, концентрацией взвешенных и осажденных на дно примесей, которые получают на основе численного моделирования, с использованием оперативных данных локального мониторинга.

1.3. На дежурном компьютере, в фоновом режиме, необходимо выполнять непрерывное моделирование приливного режима, режима приливных и постоянных течений, в которых должны учитываться оперативные данные, поступающие от приборов локальной системы наблюдения, срочных рассылок и тревожных донесений СахУГМС и СахОМСП, и специализированные данные и исходные материалы, поступающие из единого центра мониторинга.

По сути, такое моделирование будет выполнять роль интерполяционной процедуры, которая необходима для восстановления пространственных гидрофизических и гидродинамических полей. Специфика численного моделирования в гидромеханике состоит в том, что для получения текущего гидродинамического поля необходимо выполнение длительных предварительных расчетов, которые до момента установления реального гидродинамического режима нуждаются в постоянном контроле со стороны инженера-математика.

Так как в случае аварийных ситуаций или при необходимости принятия оперативных решений такого времени для вахтенной службы не будет, то вычислительное моделирование может быть задействовано только в режиме непрерывного вычислительного эксперимента, обеспечивающего расчеты в реальном времени и под контролем качества их выполнения со стороны единого экспертно-аналитического центра.

Описанная выше система наблюдения за состоянием моря может быть с высокой эффективностью использована для обеспечения безопасности морских работ и предотвращения аварийных ситуаций.

Таблица 18. Предполагаемые сроки и исполнители работ по созданию бортового информационно-вычислительного комплекса

Наименование работ	Сроки	Головной исполнитель	Соисполнители
Разработка специализированного математического обеспечения и запуск в эксплуатацию непрерывного моделирования и контроля гидродинамического режима в районах выполнения нефтепромысловых работ.	2 года	СКБ САМИ	ТОИ ИМГиГ ДВНИГМИ СПбГОИН, СПбМТУ
Создание автоматизированного комплекса штурмана, обеспечивающего решение задач безопасности мореплавания и экспертно-информационную поддержку принятия решений в аварийных и чрезвычайных ситуациях.	2 года	СКБ САМИ	СПбМТУ
Разработка и обоснование методик и организация экологического мониторинга постоянно действующих источников загрязнения в районе выполнения нефтепромысловых работ.	Постоянно		Сахалинский комитет по экологии

Тогда, при необходимости моделирования опасных морских явлений, цунами, ледовых подвижек и др., с компьютера, который выполняет непрерывные расчеты, текущее решение может быть перенесено на другой компьютер, без остановки первого, и задействовано в проигрывании опасных ситуаций, в режиме существенного опережения реального времени, то есть в режиме прогноза опасных морских и природных явлений.

Аналогичные расчеты должны выполняться в случае аварийных ситуаций, связанных с разливами нефти, когда реальный режим приливных и штормовых течений, характер волнения и маршруты распространения нефтяных пятен могут быть спрогнозированы только путем прямого численного моделирования гидродинамики шельфовых вод.

### 3.3. Центр численного моделирования и спутникового мониторинга

Организация только локального мониторинга не позволит в комплексе решить задачу наблюдения за состоянием моря в районах нефтепромыслов. В первую очередь это обусловлено особенностями гидродинамического режима и гидрометеорологических условий на море, где для оценки ситуации в конкретном регионе сахалинского шельфа необходимо контролировать состояние акватории, как минимум, для всего Охотского моря и северной части Тихого океана.

Наиболее полное решение указанной задачи возможно в случае организации специализированного информационно-аналитического центра, на который должны стекаться данные от всех локальных и автономных систем наблюдения и спутникового мониторинга, поступать срочные и штормовые донесения от российских и зарубежных служб наблюдения за состоянием моря. После специализированной обработки эти данные должны доставляться на метеопосты буровых установок и задействоваться в качестве исходных данных для локальных систем мониторинга.

В организационном плане такой центр может быть образован как на базе существующих служб, так и в виде самостоятельного предприятия. Учитывая чрезвычайную сложность и высокую стоимость любых работ в открытом море, которые еще долго не выйдут из стадии научных исследований, которые всегда будут требовать использования результатов многолетних наблюдений и задействования в оперативной работе практически всех российских и зарубежных государственных служб, связанных с контролем обстановки на море, изначально откажемся от идеи поручения этих работ маленьким коммерческим фирмам. К тому же обеспечение безопасности человеческой жизни на море никогда не сможет образовать рентабельного производства, без ослабления государственных интересов России в ее собственных же территориальных водах.

В условиях Сахалинской области организация системы наблюдения и контроля за состоянием моря может быть поручена одной из трех организаций: 1) собственно операторам нефтедобывающих проектов (Сахалинморнефтегаз); 2) сахалинскому Управлению гидрометеослужбы (СахУГМС) и сахалинской опыт-

но-методической сейсмологической партии (СахОМСП); 3) Российской Академии наук в лице СКБ средств автоматизации морских исследований\*.

Организация информационно-аналитического центра, обладающего государственными функциями, только на базе нефтепромысловых организаций типа ЗАО «Сахалинморнефтегаз-Шельф» достаточно быстро обнаружит противоречия между необходимостью постоянного совершенствования системы мониторинга, взаимодействием новых наукоемких технологий и отсутствием интереса к этим контролирующим мероприятиям со стороны чиновников управления нефтепромыслами. Работы, связанные с экологическим мониторингом и обеспечением безопасности работ на море, еще долго не выйдут из стадии научно-исследовательских работ, которые в принципе невозможны в рамках производственных или коммерческих организаций.

	<i>Государство</i>	<i>Нефтепромыслы</i>	<i>Наука</i>
<i>Потребители</i>	Службы наблюдения за флотом	Морские буровые установки и службы управления нефтепромыслами	Гидрографическая служба России, ИО РАН
<i>Исполнители</i>	Гидрографическая служба России, СахУГМС, СахОМСП	Метеопосты морских буровых установок ⊕ Центр мониторинга	СКБ САМИ СПбГОИН, ААНИИ
<i>Заказчики</i>	Правительство России, Роскомприроды	Сахалинская энергия, Эксон, Роснефть–Сахалинморнефтегаз,	Российская Академия наук

Рисунок 52. Логическая схема, определяющая состав участников работ при выполнении комплексного мониторинга на сахалинском шельфе

Мониторинг морских акваторий входит в круг прямых обязанностей СахУГМС, так же как сейсмологические наблюдения обязан выполнять и выпол-

\* В настоящее время по инициативе ЗАО «Сахалинморнефтегаз-Шельф» отрабатывается вариант объединения всех, в том числе и вышеназванных, организаций в виде совместного предприятия ООО «Сахалинская Экологическая компания», основными целями которой являются:

- обеспечение нефтегазодобывающего комплекса (НГДК) Сахалинской области экологическими, гидрометеорологическими и геологическими данными на стадии изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации объектов НГДК на суше и на море;

- оказание комплексных экологических услуг в разработке программ природоохранных мероприятий и их осуществлении.



няет СахОМСП. В современных условиях подмена или дублирование функций этих государственных служб может привести к необратимым последствиям, разрушительность которых может превысить прибыли от нефтегазовых проектов или сделать их реализацию в принципе невозможной. С другой стороны, учитывая необходимость выполнения комплексного мониторинга, в состав которого будут входить научные исследования и задачи, свойственные только для морских нефтегазовых промыслов, возможности для самостоятельного решения такой задачи со стороны СахУГМС или СахОМСП будут существенно ограничены, что обусловлено как особенностями организации этих служб, так и наличием проблем межведомственного взаимодействия.

Исходя из сказанного, можно предположить, что организация экспертно-аналитического центра мониторинга для сахалинского шельфа может быть сделана на базе научно-технической организации Российской Академии наук - СКБ средств автоматизации морских исследований. Обоснованию данного предложения могут служить следующие аргументы:

1. Вневедомственный статус Российской Академии наук и СКБ средств автоматизации морских исследований. Обязательное научно-техническое обоснование и экспертиза любых проектов, строгая отчетность и контроль за качеством научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, которые выполняются в учреждениях Российской Академии наук;

2. Возможность выполнения научных программ и конкурсных проектов, обеспечивающих решение задач мониторинга, которые утверждаются и проходят предварительную экспертизу в Миннауки России с последующим государственным финансированием, в том числе по линии фундаментальных исследований;

3. Наличие опыта и научного задела при решении задачах обработки данных и численного моделирования гидрофизических процессов в океане и его прибрежной зоне, которые в обязательном порядке должны быть использованы при построении комплексной системы мониторинга на сахалинском шельфе;

4. Наличие современного и хорошо оснащенного опытного производства по профилю морского приборостроения, на котором возможна только комплектация и дооснащение современных систем наблюдения за состоянием моря, но также и создание новых морских приборных комплексов;

5. Удобное географическое положение на территории г. Южно-Сахалинска, где все оперативные службы СахУГМС и СахОМСП, нефтепромысловые управления и органы власти находятся в зоне прямой радиовидимости, что может позволить объединить все информационные ресурсы города наиболее эффективным образом;

6. Возможность сбора и оперативного анализа материалов, поступающих из СахУГМС и СахОМСП, с последующим представлением результатов для оперативного использования в качестве исходных данных для локального мониторинга в районах нефтепромысловых работ на сахалинском шельфе;

7. Возможность запуска в эксплуатацию приемных систем дистанционного спутникового зондирования океана из космоса. После специализированной обработки такие спутниковые материалы могут быть задействованы для численного моделирования гидрофизических процессов в Охотском море и представляться

для использования как в оперативных службах СахУГМС, так и на метеопостах морских буровых установок.

8. Государственный статус и опыт работы СКБ САМИ по государственным заказам, который позволит в кратчайшие сроки организовать на базе СКБ САМИ соответствующие условия для функционирования экспертно-аналитического центра, действующего как в режиме круглосуточной оперативной службы, так и в условиях экспертного совета при выполнении действий по ликвидации последствий аварийных или чрезвычайных ситуаций.

Одним из важных элементов контроля обстановки на море является организация оперативного центра сбора, анализа и накопления результатов спутниковых наблюдений за состоянием сахалинского шельфа. Решение указанной задачи может быть выполнено в следующей последовательности:

1. Задействовать в действующих оперативных службах спутниковые данные, получаемые по каналу HRPT со спутников «NOAA» и «Метеор». Для ускоренного освоения, совершенствования и развития спутниковых систем наблюдения в Сахалинской области спутниковые наблюдения необходимо организовать на базе научно-производственной организации СКБ САМИ, в обязанности которой будет входить не только регламентная обработка спутниковой информации, но также и выполнение всего комплекса научных исследований и специальных разработок для эффективного использования систем дистанционного зондирования Земли из космоса, и обеспечение интеграции космических данных в существующие системы наблюдения, и методы анализа природопользовательской информации.

2. На втором этапе должна быть начата проработка проекта по развертыванию и запуску в эксплуатацию приемных антенн для работы со спутниками системы «Ресурс», «Океан» и «Алмаз».

Таблица 19. Предполагаемые сроки организации и запуска в эксплуатацию информационно-аналитического центра на базе СКБ САМИ

Наименование работ	Срок
Развертывание оперативной службы на базе СКБ САМИ, которая обеспечит сбор, анализ и рассылку оперативной информации между действующими на Сахалине оперативными службами и системами локального мониторинга в районе нефтепромысловых работ на сахалинском шельфе.	1 год
Развертывание, запуск в эксплуатацию и оперативное использование системы спутникового мониторинга на базе оперативной службы при СКБ САМИ.	1 год
Разработка методик и специального математического обеспечения для численного моделирования и оперативной обработки данных, поступающих от локальных систем мониторинга.	2 года

3. На завершающем этапе должны быть отработаны и утверждены все процедуры взаимодействия между новым спутниковым центром и действующими службами и государственными органами наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Должны быть приняты решения на федеральном уровне,

которые закрепляли бы необходимость оперативного использования российских спутниковых систем для обеспечения контроля за обстановкой на море и для нужд народного хозяйства в Сахалинской области.

В данном случае не имеет особого значения, где будет установлено оборудование для реального дежурства, скорее всего это будут помещения оперативных служб Сахгидромета. Тем не менее точно такие же комплексы должны стоять в одном из сахалинских научно-исследовательских институтов (например, СКБ САМИ), где должны непрерывно обрабатываться научно-технические и организационно-методические аспекты использования спутниковой информации.

### 3.4. Комплекс технических средств оснащения системы сбора и передачи оперативных данных

В последние годы в Сахалинской области происходит бурное развитие электронных средств связи и передачи информации, которые могут и должны быть задействованы как в обеспечении информационно-аналитических работ по всем системам мониторинга, так и в обеспечении автоматизированных телекоммуникационных каналов сбора данных с автоматических регистраторов состояния моря.



Рисунок 53. Южно-Сахалинский сегмент должен связать основные оперативные службы в единую компьютерную сеть с помощью высокоскоростных радиомодемов. В то же время каждый информационный ресурс должен быть включен в городскую кабельную сеть передачи данных, что обеспечит доступ к нему со стороны других потребителей информации.

Важнейшим элементом в системе автоматизированного сбора и передачи оперативной информации является действующая в Сахалинской области сеть переда-

чи данных и электронная почта СахМэйл, которые уже связали в единую электронную сеть все сахалинские районные центры.

В случае организации Центра мониторинга сахалинского шельфа на базе СКБ САМИ сеть сбора и передачи оперативных данных может быть представлена в виде четырех сегментов:

1. Южно-Сахалинский городской сегмент должен связать в единую информационную сеть СахУГМС, СахОМСП, Сахалинморнефтегаз, СКБ САМИ, Сахалинский комитет по экологии, администрацию Сахалинской области и другие заинтересованные организации. Сегмент может быть создан и взят на обслуживание со стороны СКБ САМИ;

2. Сахалинский областной сегмент должен связать информационные ресурсы городов Южно-Сахалинск, Оха, Холмск, Корсаков (таблица 20) и другие города России и мира, в которых имеются представительства сахалинских нефтепромысловых служб и управлений. Сегмент цифровой связи полностью входит в ведение АО «Сахалинсвязь» (Южно-Сахалинской телеграфно-телефонной станции), являющегося владельцем региональной сети передачи данных, функционирующей как региональный фрагмент общемировой сети передачи данных X.25 Sprint;

3. Морской сегмент образуется УКВ радиоканалами передачи данных между морскими объектами и районными узлами связи, что позволит обеспечить буровые установки не только современными средствами связи, но и создаст условия для полноценного включения флота и буровых установок в сахалинскую и мировую сеть передачи данных, в том числе в Интернет;

4. Сегмент сбора телеметрической информации, поступающей от морских гидрофизических и сейсмологических приборов, должен быть представлен подводными кабельными системами, развернутыми с борта морских буровых установок (детальное описание различных вариантов приборного оснащения системы выполнено во 2-й части).

Таблица 20. Список телефонов узлов доступа сахалинской сети передачи данных

<i>Город</i>	<i>№ доступа</i>	<i>Город</i>	<i>№ доступа</i>
Анива	5-27-57	Поронайск	5-00-60
Александровск	53-89	Смирных	2-20-77
Долинск	2-56-51	Северо-Курильск	2-12-19
Корсаков	4-20-00	Оха	2-25-85
Курильск	2-12-80	Углегорск	2-13-06
Невельск	6-01-55, 5-53-55	Холмск	6-06-60
Ноглики	9-10-87	Южно-Курильск	2-18-75
Южно-Сахалинск Internet	721236, 31716 (n) 721025, 721005, 61113		

В случае задействования автономных регистрирующих приборов, буйковых или дрейфующих, канал сбора телеметрической информации может быть образо-

ван спутниковыми системами типа ARGOS или «Гонец», которые обеспечат доставку телеметрических данных непосредственно в Южно-Сахалинск.

В любом из указанных городов может быть выделен информационный ресурс, постоянно включенный в южно-сахалинскую компьютерную сеть, или построена собственная сеть передачи оперативных данных, при этом Охинский или Ногликский районные узлы связи могут расширить сеть связи включением радиоканалов с буровыми установками и судами обслуживания нефтепромыслов, находящимися в море.

В зависимости от сложности предоставляемых Сахалинской ТТС сетевых услуг, режим использования сети передачи данных подразделяется на две категории:

1. Подключение по выделенной линии круглосуточно работающих компьютеров (электронная почта, коммуникационный центр) или окончного оборудования, работающего по протоколу X.25 (терминальные концентраторы, центры коммутации пакетов);

2. Регистрация и поддержание сетевых идентификаторов пользователя, предназначенных для авторизации пользователя при его обращении через узлы сети передачи данных к ресурсам сети.

Таблица 21. Предполагаемые сроки создания сети передачи оперативных данных

Наименование работ	Срок	Исполнители
Создание и поддержка в течении 1 года информационного ресурса (WEB сервера) с использованием оборудования Южно-Сахалинской ТТС.	1 год	СКБ САМИ, Сахалинсвязь
Развертывание оборудования для запуска в работу комплексного информационно-аналитического центра, с учетом дооснащения приемопередающим оборудованием и вычислительной техникой оперативных служб СахУГМС, СахОМСП и Сахалинморнефтегаза.	1 год	СКБ САМИ Сахалинсвязь СахУГМС СахОМСП

## ЧАСТЬ 4.

### ОБОБЩЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ, ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА

#### Введение

*(варианты постоянного и оперативного мониторинга)*

В заключительной, четвертой части работы имеет смысл повторить обобщенные тезисы концепции экологического мониторинга. В постановлении Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. № 1229 подчеркивается (п.5), что разработка проекта федеральной целевой программы “Создание Единой государственной системы экологического мониторинга” ведется с учетом работ по государственной программе “Экологическая безопасность России”. В связи с этим проблема создания системы экологического мониторинга в нефтепромысловых районах сахалинского шельфа и морских акваториях Сахалинской области в целом тесно увязана с обеспечением безопасности сооружений на шельфе и проблемой безопасности мореплавания в этом районе.

Экологическая безопасность этого района напрямую связана с предотвращением аварий платформ, терминалов, трубопроводов и судов. Это позволяет сформулировать первоочередные и конкретные технические предложения по организации мониторинга, реализация которых создаст основу для построения эффективной и оптимальной по стоимости системы непрерывного экологического контроля, действующей в рамках единого комплекса жизнеобеспечения и охраны человеческой жизни и безопасности работ на море.

Важность последнего обобщения состоит в том, что сама по себе система самоценного экологического контроля в принципе невозможна либо ее реализация потребует чрезвычайно больших средств и усилий, которые будут затрачиваться без должных научно-технических и социально-экономических обоснований. Поэтому, опираясь на единые решения по контролю и защите инженерных сооружений (техногенной природы), всегда будем предусматривать необходимость контроля дополнительных физических и биологически значимых параметров состояния окружающей среды, которые позволят изучить, проанализировать и выработать оптимальные решения по обеспечению безопасности морской природы и технополиса в целом.

На федеральные и территориальные органы Минприроды России указанным постановлением возлагается:

- организация мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду и зон их прямого воздействия;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем;
- ведение с заинтересованными министерствами и ведомствами банков данных об окружающей среде, природных ресурсах и их использовании.

Среди функций Росгидромета и его территориальных подразделений постановление указало:

- организацию мониторинга состояния атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, околоземного космического пространства, комплексного фонового и космического мониторинга состояния окружающей природной среды;
- координацию развития и функционирования ведомственных подсистем фонового мониторинга загрязнения окружающей природной среды;
- ведение государственного фонда данных о загрязнении окружающей природной среды.

Учитывая государственную значимость комплексного мониторинга морских акваторий, при котором выработка объективных решений по ограниченным акваториям возможна только при условии эффективной работы всей дальневосточной системы наблюдения и контроля за состоянием моря, которую обеспечивают региональные управления Росгидромета, Геофизической службы РАН и др., а также с учетом степени их интеграции в аналогичные системы наблюдения за состоянием моря со стороны сопредельных государств, сформулируем некоторые организационные требования на момент проектирования такой системы.

### ***Задачи комплексного мониторинга***

Выполнение экологического мониторинга предполагает решение трех задач:

- 1 - непрерывный экологический контроль в районе сбросов шлама и буровых растворов с помощью автоматического регистрирующего оборудования. Непрерывные наблюдения за поверхностью моря с целью обнаружения и регистрации нефтяных разливов. Оперативное проведение экспертно-аналитических работ и океанологических исследований при обнаружении отклонения экологических параметров от нормы.
- 2 - предупреждение экологических и технологических катастроф (наблюдение за уровнем моря и течениями, контроль сейсмической обстановки, регистрация и оперативное численное моделирование возможных последствий от штормовых нагонов, цунами, ледовых подвижек, а также торошения льда и прохождения стамух над подводными нефтепроводами)
- 3 - поддержание в готовности сил и средств реагирования на разливы нефтепродуктов. Поддержание вычислительной техники и информационных гидрометеорологических массивов в постоянной готовности к решению задачи о возможном распространении загрязнений и опасных выбросов в море.

### ***Утверждения***

- 1 - Все работы в российских территориальных водах и экономической зоне России должны выполняться в строгом соответствии с законом, утвержденными методиками и правилами выполнения морских наблюдений.
- 2 - Участие Росгидромета, его региональных центров, отраслевых и профильных академических институтов является обязательным. Другие, и в том числе иностранные, организации могут привлекаться к работе только в качестве соисполнителей к вышеуказанным головным подрядчикам.

- 3 - Все гидрологические наблюдения должны быть выполнены с учетом необходимости согласования данных с архивными материалами, полученными в прошлые годы на стандартных гидрологических разрезах.
- 4 - Программа исследований должна быть предварительно согласована, маршруты и точки гидрофизических наблюдений должны выбираться с учетом необходимости включения новых данных в единый Океанографический архив России.
- 5 - Все полученные в результате работы материалы должны быть в обязательном порядке приведены к стандартному виду и без изъятия представлены в Океанографический архив в Санкт-Петербурге.
- 6 - Для проведения комплексных экспедиционных исследований в российской экономической зоне должно быть получено специальное разрешение Росгидромета, а научные программы и методики исследований должны пройти рецензирование и утверждение в соответствующих ученых советах головных институтов России.
- 7 - Вопросы о предоставлении информации иностранным компаниям, коммерческим и другим непрофильным организациям должны согласовываться в соответствующих службах.

### ***Порядок и приоритеты***

Последовательность действий при организации комплексной системы мониторинга должна включать в себя следующий комплекс предварительных работ и исследований:

- 1 - должна быть выполнена комплексная обработка данных, имеющихся в океанологических архивах и исследовательских центрах России, с целью построения автоматизированной информационно-экспертной системы обеспечения безопасности морских нефтепромыслов, прогноза и предупреждения об опасных морских и природных явлениях.
- 2 - только в случае обоснованной необходимости должно быть поставлено требование о необходимости выполнения работ для пополнения океанографических архивов и детального изучения фоновых характеристик за счет нефтепромысловых компаний.
- 3 - в районе выполнения нефтепромысловых работ должна быть создана сеть подводных кабельных станций, в узлах которой должны устанавливаться непрерывно работающие океанологические приборы, поставляющие оперативную информацию о состоянии моря на комплексные гидрометеорологические посты, находящиеся на буровых платформах.
- 4 - обязательно задействование полного комплекса гидрометеорологических наблюдений в районе проведения нефтепромысловых работ, которые должны обеспечивать выполнение конвенции о защите человеческой жизни на море.
- 5 - в г. Южно-Сахалинске должен быть образован оперативный экспертно-аналитический центр мониторинга сахалинского шельфа, в который должна стекаться информация от морских систем наблюдения, центра спутникового мониторинга, береговых и судовых постов наблюдения.



## **Условия развертывания системы наблюдения**

1. Система экологического мониторинга - это серьезно, планомерно и надолго. Система экологического мониторинга в районе буровых работ на шельфе должна обязательно рассматриваться как часть системы экологического мониторинга всего региона Охотского моря

2. Построению системы экологического мониторинга региона должны предшествовать (или выполняться одновременно с внедрением системы первого уровня):

- широкомасштабные исследования состояния биологической среды ;
- уточнение гидрологического режима моря с целью определения районов возможной концентрации загрязнителей, а также поиска эталонных "чистых" районов;
- определение ассимиляционной способности моря для загрязнителей различного типа и определения на этой основе максимально допустимого объема сбросов загрязнителей в регионе и определения допустимого объема сброса на каждой буровой;
- поиск биологических индикаторов загрязнений;
- исследование взаимосвязи между физико-химическими характеристиками морской воды и состоянием экологической среды;
- разработка автоматической аппаратуры обнаружения загрязнителя на новых принципах, в том числе и на основе биологических индикаторов загрязнений и биологических индикаторов состояния экологической среды.

3. Создание полностью автоматической системы экологического мониторинга на данном уровне техники невозможно. Поэтому на первом этапе параллельно с установкой автоматических систем сбора информации в районе буровых должен проводиться отбор проб для оценки лабораторными методами уровней загрязнений и состояния экологической среды. Параллельно отбор проб должен производиться в эталонных "чистых" районах для сравнения.

Второй этап начинается после проведения научных исследований, уточнения района распространения загрязнений, разработки и установки в эталонных районах и районах загрязнений новых автоматических измерительных систем. Аппаратура второго этапа работает параллельно с аппаратурой первого этапа. По мере установки новых автоматических приборов уменьшается количество анализируемых проб.

4. Приборы системы первого этапа должны устанавливаться как на буровой, так и в море в окрестностях буровой на кабельной донной станции.

5. На буровой платформе должна быть организована химическая экспресс-лаборатория для анализов сбрасываемых буровых растворов и морской воды на содержание нефти и тяжелых металлов. Приборы для экспресс-анализа имеются. Необходимо лимитировать общий объем сброса загрязнителей с буровой платформы в зависимости от степени разбавления (ПДС).

6. Полученные данные должны предварительно обрабатываться на месте и оперативно передаваться по линиям связи в центр накопления и обработки данных.

7. Центр обработки накопления и обработки данных оборудован аппаратурой приема и обработки данных, а также связью с заинтересованными ведомствами.

8. Система первого этапа может быть дополнена сейсмодатчиками и датчиками уровня моря для получения данных для прогноза опасных явлений.

#### 4.1. Система экологического мониторинга в районе добычи нефти на шельфе о. Сахалин

##### *Проект "ЭКОТЕСТШЕЛЬФ"*

###### **1. НАЗНАЧЕНИЕ**

Система "ЭКОТЕСТШЕЛЬФ" (в дальнейшем "Система") является частью системы экологического мониторинга среды в районе производства буровых работ. Система предназначена для:

- систематического контроля сбросов с буровой платформы (в дальнейшем "буровой");
- постоянного контроля уровня загрязнений морской воды в непосредственной близости от буровой;
- сбора данных (метеорологических, гидрологических, физико-химических, а также данных, которые могут быть использованы для прогноза опасных явлений, таких, как землетрясения и цунами);
- информирования об опасных событиях администрации области;
- прогноза развития опасных событий (если они произойдут) для принятия оперативных решений.

Данные, получаемые системой, дополняются результатами лабораторных исследований проб, отбираемых в районе буровых и в эталонном "чистом" районе.

###### **2. СОСТАВ СИСТЕМЫ**

Контрольная аппаратура устанавливается на каждой буровой на кабельных донных станциях, установленных около буровой. Все буровые связаны с центром.

Аппаратура, установленная на буровой:

- автоматическая метеостанция;
- лидар (прибор для обнаружения пленки нефти на поверхности);
- измерители температуры, солености, содержания кислорода;
- полуавтоматическая лабораторная установка для контроля содержания тяжелых металлов в воде;
- полуавтоматическая лабораторная установка для контроля на содержание нефти в воде;
- персональная ЭВМ со специальным согласующим устройством для связи с вынесенными измерителями;
- телефонная линия связи с центром.

Аппаратура установленная на кабельной донной станции:

- доплеровский измеритель профиля скорости течения;
- измерители температуры, солености, содержания кислорода, рН, редокса, прозрачности;
- сейсмодатчики;
- датчики уровня моря.

Аппаратура на буровой платформе работает под наблюдением вахтенной службы.

### **3. ЦЕНТР ОБРАБОТКИ**

В центр обработки стекаются данные со всех буровых. Здесь проводится сбор и обобщение информации, полученной с буровых и других источников (спутниковые наблюдения, прогнозы опасных явлений и т.д.). В центр поступают результаты лабораторных исследований проб для привязки к данным текущих измерений.

Состав аппаратуры центра:

- мощная ЭВМ, оборудованная сменными накопителями большой емкости;
- аппаратура связи с буровыми, Гидрометслужбой, МЧС и другими источниками информации, а также с администрацией области;
- аппаратура получения данных спутниковых наблюдений.

### **4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ**

Требования к точности измерительных приборов определяются стандартами тех баз данных (по-видимому, Гидрометслужбы), которые будут накапливать и систематизировать получаемые данные.

1. Должны быть регламентированы следующие параметры:

- пороговое обнаружимое количество тяжелых металлов,
- пороговое обнаружимое количество нефти в воде,
- минимально обнаружимая пленка на воде,
- погрешности определения скорости течения,
- погрешность измерения температуры,
- погрешность определения содержания кислорода в воде,
- погрешность определения электропроводности,
- разрешающая способность определения уровня моря,
- метеорологическая аппаратура - стандартные допуски,
- чувствительность сейсмодатчиков.

2. Период измерений автоматическими приборами - 30 мин.

3. Период лабораторных измерений уровня загрязнений в морской воде и в сбрасываемых водах - 12 часов

4. Период передачи данных в центр - 30 мин.

### **5. КОМПОНОВКА АППАРАТУРЫ НА БУРОВОЙ**

Для установки ЭВМ и полуавтоматических лабораторных приборов на платформе необходимо выделить помещение 12÷15 м<sup>2</sup>.

В это помещении заводятся линии от метеостанции, лидара, размещается ЭВМ и аппаратура согласования с измерителями, находящимися в море на кабельной донной станции.

Метеостанция и лидар устанавливаются на мачте.

Место вывода кабелей согласовывается с капитаном буровой и буровым мастером.

Затраты энергии не более 1 кВт.

### **6. ПЕРСОНАЛ**

Эксплуатация оборудования проводится круглосуточно сменными техниками (всего 2).

## **7. СРОКИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ**

Проект ТЗ с учетом согласования программ участников работ может быть выполнен за 1 год.

Проектирование - 1 год.

Изготовление - 1 год .

Появление аппаратуры на буровых - через 3 года после начала финансирования. Аппаратура в макетном варианте может быть подготовлена через год (без сертификации).

## **8. УЧЕТ ПЕРСПЕКТИВЫ**

Аппаратура сбора данных, устанавливаемая на буровой, должна разрабатываться с учетом возможности подключения измерителей содержания нефти и тяжелых металлов в воде, работающих в автоматическом режиме и установленных на дне или на определенном горизонте.

Таких приборов пока нет, но разработка их подходит к концу, и в обозримом будущем они должны появиться и будут подключены к системе.

**Примечание.** Настоящий проект не является техническим заданием, но лишь описывает в общих чертах сущность предлагаемого проекта.

## ***Вопросы, требующие разрешения***

### **1. Вопрос о составе аппаратуры на буровых.**

Решение об оснащении измерительных постов системы экологического мониторинга дополнительной аппаратурой для измерения уровня моря и сейсмодатчиками должно приниматься индивидуально для каждого поста с учетом ценности данных, полученных в этом районе для прогноза опасных событий.

### **2. Что делать с информацией?**

Информация, полученная на всех иерархических уровнях ЕГСЭМ, является приоритетной по отношению к информации, получаемой из других источников, при подготовке и принятии решений в области охраны окружающей среды и экологической безопасности для всех органов государственного управления. Эта информация является государственной собственностью, право владения, пользования и распоряжения регламентируется соответствующими законами Российской Федерации.

При возникновении аварийных ситуаций данные должны передаваться в МЧС и в администрацию области для принятия оперативных решений. При возникновении аварийных ситуаций проводится прогноз развития по данным спутниковых наблюдений и прогнозов Гидрометслужбы и по данным наблюдений течений и ветров в точке аварии.

Результаты текущих измерений должны передаваться на хранение в централизованные банки данных Гидрометслужбы. Поэтому режим измерений и форма представления результатов должны соответствовать стандартам, принятым в Гидрометслужбе.

### **3. Утверждение концепции системы должно проводиться**

**Экологической службой, Гидрометслужбой и Метрологической службой.**

#### 4. Согласование программы взаимодействия научных организаций.

Научные организации участвующие в решении проблемы:

##### **ИМГиГ**

- интерпретация сейсмических данных и данных об уровне моря,
- решение о целесообразности установки сейсмических датчиков и датчиков уровня моря;

##### **Океанологические институты**

- проведение исследования морских экосистем в районе буровых,
- определение эталонных "чистых" районов,
- определение взаимосвязи физико-химических характеристик (кислород, рН, редокс и др.) с экологическими характеристиками,
- определение ассимиляционной емкости Охотского моря,
- поиск биологических индикаторов,
- проработка концепции построения технических систем обнаружения загрязнений на основе биологических индикаторов;

##### **Институт автоматки**

- проработка концепции построения автоматических систем на базе биологических объектов для контроля состояния экологической среды в море;

##### **Институты Гидрометслужбы**

- уточнение гидрологического режима Охотского моря,
- поиск районов стыка водных масс,
- уточнение границ района распространения загрязнений;

##### **Институт космических исследований**

- вопросы интерпретации данных спутниковых наблюдений;

##### **Институт оптики**

- разработка лидара и других приборов ("Кондор", "Оптоскан" и др.) для автоматического определения содержания загрязнений в воде;

**Фирма "ИВА"** - разработка автоматической аппаратуры анализа на содержание тяжелых металлов;

**Метрологическая служба** - разработка концепции сертификации системы;

**СКБ САМИ** - проект, изготовление, запуск и техническое обслуживание Системы.

#### 5. Финансирование.

Заказчиком системы являются Госсахэкология и администрация области. На этапе подготовки проекта необходимо согласование программ участвующих научных организаций с решением вопросов их финансирования.

В настоящее время предприятия оплачивают затраты, связанные с выполнением импактного мониторинга, т.е. мониторинга источников воздействия на окружающую среду и зон их непосредственного влияния на основании пункта 6.1. "Правил охраны от загрязнения прибрежных вод морей" [1984], который указывает, что все мероприятия, связанные с учетом количества и качества сбрасываемых в прибрежные морские воды сточных вод и вредных веществ, содержащихся в этих водах, проводятся силами водопользователя и за его счет.

В документах, подготовленных Минприродой России в развитие постановления Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 24 ноября 1993 г. № 1229, финансирование работ по созданию и обеспечению функционирования ЕГСЭМ осуществляется за счет средств:

- республиканского бюджета,
- бюджетов субъектов Российской Федерации,
- экологических фондов,
- предприятий, организаций и их объединений различных форм собственности,
- иных поступлений.

Средства республиканского федерального бюджета расходуются на:

- создание и поддержание функционирования федерального уровня информационно-аналитической системы Минприроды России, базовых и специальных подсистем экологического мониторинга через бюджетное финансирование соответствующих министерств и ведомств;
- создание научно-технической продукции для обеспечения функционирования и развития ЕГСЭМ и ее подсистем, выполнение целевых программ экологического мониторинга через федеральные (государственные, межотраслевые и отраслевые) целевые научно-технические программы.

Средства местных бюджетов и экологических фондов расходуются на:

- создание и поддержание функционирования региональных информационно-аналитических центров, доленое финансирование территориальной части базовых функциональных и специальных подсистем;
- создание научно-технической продукции в интересах развития территориального уровня ЕГСЭМ.

Средства предприятий, организаций, объединений расходуются на:

- создание и обеспечение функционирования систем мониторинга, формируемых ими источников антропогенного воздействия;
- поддержание функционирования и развития территориальных систем экологического мониторинга;
- аттестацию и сертификацию используемых ими измерительных средств и систем.

#### 6. Кто будет утверждать проект?

По-видимому, тот, кто финансирует проект: Госсахэкология и администрация области.

#### 7. Кто головной?

Головным - СКБ САМИ. Привлечение в качестве соисполнителей научных организаций, перечисленных в п. 4.

#### 8. Разработка программного обеспечения для:

- прогноза;
- обработки текущих данных;
- обработки данных спутниковой разведки;
- обмена данными с заинтересованными ведомствами.

Возможные участники разработки программного обеспечения: СКБ САМИ; ИМГиГ; Тихоокеанский океанологический институт

9. Согласование технологических проблем, связанных с работами на буровой, таких, как:

- способ прокладки кабелей от буровой к донным станциям;
- защита кабелей от повреждений;
- определение мест якорных стоянок обслуживающих судов;
- компоновка аппаратуры на буровой, выделение помещений;
- порядок съема - установки аппаратуры и кабелей после окончания работ осенью (если работы будут сезонными);
- вопросы связи и др.

Эти вопросы необходимо согласовывать с организацией, проводящей буровые работы.

10. Сертификация системы. Текущий метрологический контроль.

Начало должно быть положено при утверждении проекта метрологической службой. Разработка процедуры проверок должна проводиться в согласовании с фирмами - изготовителями приборов и метрологической службой. Должна быть определена организация, проводящая текущие поверки аппаратуры.

11. Юридические аспекты (которые требуют разрешения).

Взаимодействие с фирмой - производителем работ.

Открытость данных общих и специальных, доступ к данным.

Охрана лаборатории, право доступа в лабораторию.

Процедура проведения анализов, защита от подделок.

Взаимодействие система – комитет, администрация – компания.

Персонал и оплата работников на буровой?

12. Организации - оппоненты и рецензенты.

Гидрометслужба, МЧС, Институт океанологии, Метрологическая служба.

#### 4.2. Обзор наработок и предложений СКБ САМИ по организации гидрофизического мониторинга на сахалинском шельфе

##### ***Разработка информационно-технического комплекса для оценки состояния окружающей среды и выработки экспертных решений***

Основана на обработке и анализе экологических, гидрофизических и гидрометеорологических данных, которые получены при экспериментальном бурении и выполнении обследования района работ в 1994, 1995, 1996 годах (рисунок 54). При выполнении этих работ будет создан макет специализированной информационной системы, предназначенной для выполнения экологического контроля сахалинского шельфа и обеспечивающего информационную поддержку при выполнении гидродинамического и гидрофизического вычислительного моделирования в шельфовой зоне.

Здесь же должны быть выполнены работы по оцифровке топографических и батиметрических карт и составлена уточненная геоморфологическая модель Охотского моря (совместно с центром данных по геоморфологии в ТОИ).

На основе макета базовой информационно-экспертной системы составляется план оперативного сбора и обмена информацией при выполнении экологических, гидрофизических и гидрометеорологических работ и исследований.

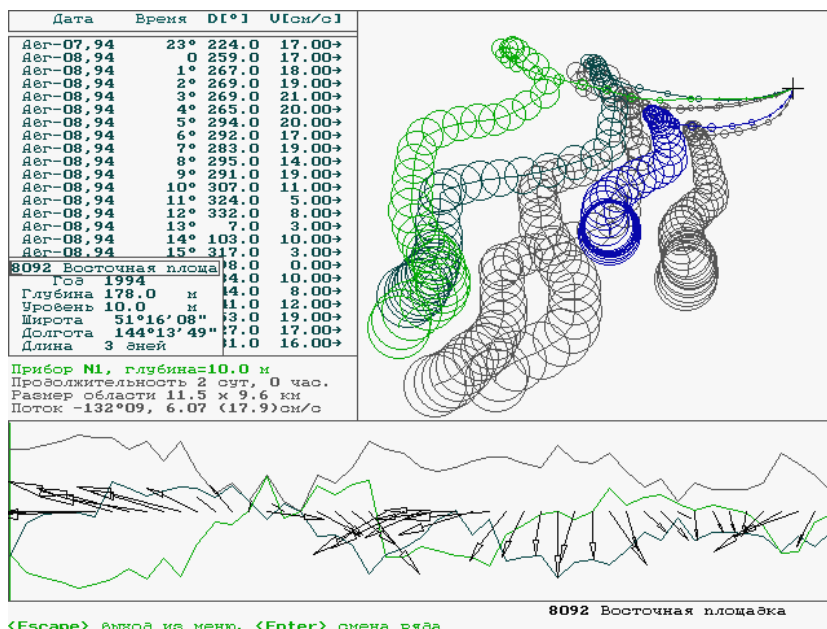


Рисунок 54. Изображение на экране ЭВМ при занесении данных, обработке и анализе материалов по измерениям течений

### ***Создание вычислительного комплекса для моделирования гидродинамических и гидрометеорологических процессов***

Основано на достаточно большом заделе, имеющемся в СКБ средств автоматизации морских исследований и лаборатории цунами ИМГиГ, по моделированию гидродинамических процессов в океане и его шельфовой зоне, который может быть эффективно использован для контроля гидродинамических и гидрофизических процессов в шельфовой зоне острова Сахалин и Курильских островов.

Учитывая, что морские акватории Сахалинской области слабо и неравномерно оборудованы постами наблюдения (рисунок 55), для ликвидации пробелов в системе наблюдения предполагается использование вычислительных средств и математического моделирования при выполнении оперативных и экспертных работ по контролю обстановки на море и в районе нефтяных промыслов. Планируются адаптация и внедрение в практическое использование следующих гидродинамических моделей:

а) Моделирование приливного режима для всей акватории Охотского моря, базируется на прямом использовании приливообразующих сил Луны и Солнца, которые могут суммироваться с приливом, вызванным влиянием Тихого океана, для чего используются гармонические постоянные в Курильских проливах и про-





е) Решение задачи о взаимодействии стационарной буровой платформы с ледяными полями, в том числе при неблагоприятных гидрометеорологических условиях и цунами. Выработка материалов для гидродинамических экспертиз и реализация вычислительных моделей для контроля оперативной обстановки в районе нефтепромыслов.

В процессе выполнения работы могут быть поставлены и решены другие задачи, связанные с оперативным и экспертным обеспечением информационных запросов об экологической, гидродинамической и гидрофизической обстановке на сахалинском шельфе и районах проведения нефтепромыслов.

### *Гидроакустическая томография*

Необходимо еще раз коснуться вопросов гидрофизического и экологического мониторинга, акцентировав внимание на технических решениях и физических принципах гидрофизических наблюдений, которые могут быть реализованы на подготовительных этапах и в процессе создания комплексной системы мониторинга с помощью гидроакустических систем. По этим системам в СКБ САМИ имеется определенный задел и опыт их создания и эксплуатации.

Одним из наиболее эффективных методов контроля водной среды является гидроакустическая томография. Для организации непрерывных наблюдений за полем течения может быть размещено три донных гидроакустических приемопередатчика, которые должны обмениваться акустическими импульсами на заданных частотах и длительностях излучаемого сигнала. Путем измерения времен прихода прямых и отраженных сигналов, а также математической обработки изменения частотных свойств длительных во времени акустических посылок (тон эха и реверберации), возможно выявление доплеровских смещений частот и построение трехмерного поля скоростей течений, а также обнаружение и регистрация взвешенных загрязнителей воды.

Если большие объемы информации от гидроакустических датчиков будут заводиться на буровую платформу или береговой пост наблюдения, то в этом случае возможна организация комплексного наблюдения за состоянием водной среды, когда система будет обеспечивать не только наблюдение, но также предупреждать об опасных морских явлениях. В автономном режиме данные гидроакустического мониторинга должны записываться на внутреннюю память измерительных приборов, в этом случае возможно выполнение работ по стандартной регистрации полей течений, толщины и скорости перемещения ледяных полей и другие измерения, в том числе с использованием традиционных гидрофизических датчиков.

Учитывая, что на первых этапах разработки нефтепромыслов на сахалинском шельфе будут выполняться только в навигационный период, только в это же время будет представляться возможным проведение комплексных измерений с использованием всех видов гидрометеорологического и океанологического измерительного оборудования, с помощью которого будут проводиться площадные и временные съемки фоновых характеристик.

В эти же навигационные периоды должны быть выполнены испытания и проведена опытная эксплуатация сейсмогидроакустического оборудования, разрабо-

танного в СКБ САМИ, которое может быть оставлено на дне моря с целью непрерывной регистрации основных гидрофизических параметров в зимнее время.

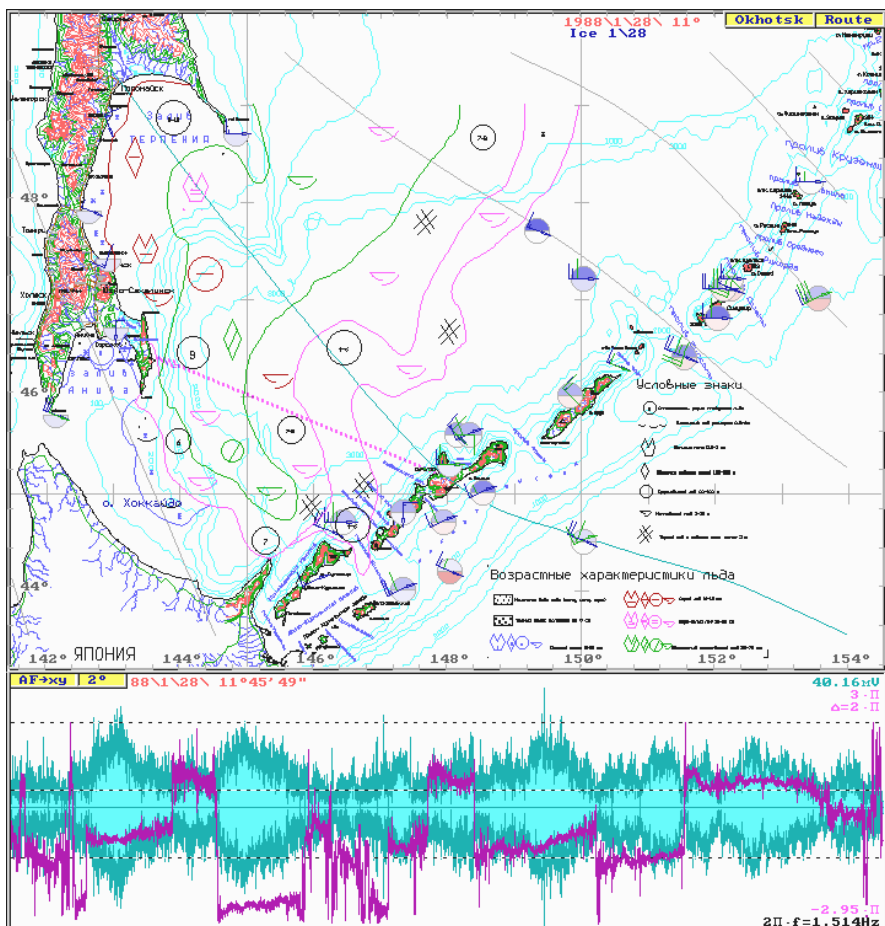


Рисунок 56. Изображение на экране ЭВМ при анализе гидроакустических данных, полученных на стационарной трассе Сахалин-Итуруп. На карте приведена полная гидрометеорологическая обстановка на момент проведения гидроакустического эксперимента

С помощью донных сейсмогидроакустических датчиков возможна регистрация следующих параметров:

- 1) сейсмический фон, измеряемый как с помощью традиционных сейсмометров, так и гидроакустическими приемниками;
- 2) интенсивность поверхностного волнения, его амплитуда, период и другие характеристики, которые оказывают прямое воздействие на отражающие свойства поверхности моря;

- 3) вертикальные профили температуры и такие же векторные профили скоростей течений (величина абсолютной температуры и тарировка абсолютной скорости звука выполняется на самом измерительном комплексе);
- 4) прямая регистрация экологических загрязнений в виде взвешенных примесей и косвенная оценка наличия поверхностных пленок, если они оказывают влияние на характеристики волнения или отражающие гидроакустические свойства морской поверхности;
- 5) толщина ледового покрова может быть измерена над каждым из датчиков в отдельности, а динамика ледовых полей - по группе датчиков соответственно;
- 6) и другие экологические и гидрофизические изменения водной среды, которые оказывают воздействие на распространение акустического сигнала в зоне действия измерительного комплекса, т.е. на территории около 10 км<sup>2</sup>.

### ***Принципы работы гидроакустических приборов***

Термин гидроакустическая томография означает комплексное использование всех волновых и корпускулярных (или пакетных) свойств акустического и гидроакустического сигнала, где в качестве волновода выступает водная среда, с твердыми границами на дне и поверхности моря, изменение физических свойств которой оказывает сильное влияние на траекторию и интенсивность распространения и отражения гидроакустических волн.

В простейшем случае гидроакустический приемник регистрирует объемную реверберацию и отражение от поверхности моря, что позволяет оценить наличие взвешенных примесей и текущий приливный уровень моря. Штормовое волнение размывает четкость отраженного сигнала, граница раздела становится неустойчивой, и может наблюдаться усиление реверберации, которая обуславливается пузырьками воздуха. При соответствующей обработке сигнала на комплексе разнесенных излучателей и приемников возможно точное восстановление всех характеристик поверхностного волнения.

Для построения вертикальных профилей температуры и скоростей течений производится регистрация доплеровского эффекта и разности времен прихода сигналов, возникающих при обмене гидроакустическими посылками между разнесенными в пространстве приемо-излучателями. При этом по временам прихода гидроакустических посылок, имеющих различную несущую частоту, производится оценка траектории и высоты прохождения акустического луча, что позволяет для каждого вида излучения сделать собственную оценку доплеровского эффекта и построить вертикальное распределение скоростей течений.

Возможность варьирования характеристиками гидроакустического сигнала и диаграммами направленности излучателей и приемных антенн, совместно с использованием дополнительного гидрофизического оборудования для измерения температуры воды в месте расположения гидроакустических приборов, позволяет увеличить количество и точность измерения гидроакустических параметров, что, в свою очередь, позволяет оценивать более тонкие параметры влияния на среду распространения и, в частности, измерять температурные профили, характеристики гидродинамического или теплового перемешивания воды и др.

Показанные методы измерения гидрофизических параметров водной среды являются наиболее точными и единственно возможными для условий сахалинского шельфа. Другие методы прямого измерения скоростей течений и температурных профилей существенно более дорогостоящие и позволяют проводить точечные или краткосрочные измерения, но они и предназначены для экспедиционных исследований.

В данной же работе показывались методы организации комплексных измерений, которые могут быть отнесены к стационарным, долговременным и наиболее оперативным.

### ***Основные характеристики приборов, разрабатываемых в СКБ САМИ***

СКБ САМИ обладает опытом создания нескольких поколений морских гидрофизических и гидроакустических измерительных комплексов, предназначенных для оперативного контроля обстановки на море. Новые технические разработки предназначены для организации непрерывного наблюдения за состоянием моря, ледовой и штормовой обстановкой, цунами и отклонениями от нормы экологических параметров. Предлагаемое к установке на сахалинском шельфе оборудование может работать в оперативном режиме, с доставкой информации на буровую платформу или в автономном, обеспечивая наблюдение за ледовой обстановкой, к примеру, если морские работы будут сворачиваться на зимнее время.

В районе проведения буровых работ необходимо знать:

- 1) фоновые химико-физические свойства морской среды;
- 2) химический состав донных грунтов;
- 3) биохимические характеристики данного района.

В качестве технических средств для измерения и регистрации параметров морской среды могут быть использованы изготавливаемые в СКБ САМИ донные автономные станции (ДАС). Донные автономные станции выполнены на базе сферического прочного корпуса из высокопрочного алюминиевого сплава марки В96Ц-1. Внутри прочного корпуса размещены электронные блоки и устройства, защищенные от гидростатического давления, которые функционально обеспечивают:

- 1) прием, усиление и регистрацию сигналов от датчиков и преобразователей;
- 2) электрическую калибровку каналов регистрации;
- 3) привязку регистрируемой информации к реальному времени;
- 4) регистрацию информации в непрерывном и программном режимах;
- 5) всплытие станции по командам: от программного устройства, от датчика герметичности, по команде гидроакустической системы телеуправления.

Комплект судовой аппаратуры обеспечивает гидроакустический вызов ДАС, определяет расстояние между судном и станцией, проводит контроль источника питания.

Гидрофизический модуль для донной станции обеспечивает определение гидрофизических характеристик в районе работ, в том числе:

- сбор данных о распределении скорости звука и температуры по глубине;
- сбор данных об изменчивости температуры скорости звука в придонном слое;

- сбор данных о придонных течениях;
- включение и выключение командами от донной станции или автономно по программе;
- хранение данных в твердой памяти с последующей выдачей во внешнюю ЭВМ;
- предварительную обработку информации.

Модуль имеет следующие технические характеристики:

- измеряемая глубина, м - до 5000;
- ошибка измерения глубины, %, не более - 0,5;
- ошибка измерения температуры, °С, не более - 0,1;
- ошибка измерения скорости звука, м/с, не более - 0,5;
- ошибка измерения скорости течения, %, не более - 3,0;
- емкость памяти, измерений - 2000;
- вес общий, кг, не более - 5 ;

Для биохимического мониторинга морской среды в заданных районах эти же ДАС могут быть дооснащены аппаратурой для измерений физико-химического состава морской среды (температура, соленость, рН, электропроводность, растворенный в воде кислород, количество хлорофилла, родомин, флуоресценцию, углекислоту). Модули, позволяющие проводить такой анализ, разработаны и выпускаются серийно "Chelsea Instruments" (Ci) (США). Датчик AQUATRACE имеет следующие технические характеристики:

- вес, кг - 2;
- глубина погружения, м, - до 4000;
- время измерения рН (в диапазоне от 2 до 10 рН), сек. - 5;
- мощность, Вт, - 3;
- время измерения (в диапазоне от 0 до 20 ppm), сек. - 2...10.

Модуль AQUATRACK MAPK III ориентирован на измерение биологических параметров среды и имеет следующие технические характеристики:

- вес, кг - 5,5;
- потребляемая мощность, Вт - 3 ;
- глубина постановки, м - 6000;
- измерение концентрации, мг/л,
- 1) хлорофилла - 0.01 до 100;
- 2) родомина - 0.01 до 100.

Кроме этого, ДАС можно дооснастить практически любыми модулями, проводящими измерение биохимических параметров морской среды.

Информация о состоянии среды записывается в цифровую память ДАС и в дальнейшем может быть передана по кабелю или гидроакустической телеметрии на борт буровой платформы.

При организации мониторинга необходимо располагать ДАС как внутри района, отведенного под сбор, так и за его пределами. В зависимости от размера района количество станций может колебаться от 1-2 до 6-8. Конкретную схему расположения ДАС следует определять исходя из рельефа дна и характера течений.

Информация о гидрофизических и биохимических параметрах среды записывается в память ДАС в виде файлов, содержащих время начала проведения изме-

рения, координаты постановки ДАС, а также время окончания цикла проведения измерения и сами результаты измерения. По запросу с буровой платформы или в заранее определенные сроки вся информация, накопленная в памяти ДАС, должна доставляться на борт буровой платформы.

На основании сопоставления данных гидрохимического фона района сброса, анализа поведения материалов сброса в морской воде, изменения гидрохимических показателей после проведения сброса бурового раствора, расчета баланса загрязняющих веществ района сброса делаются выводы о возможности последующего сброса, а также о степени разложения, захоронении в грунтах, рассеивании или накоплении в отдельных звеньях: поверхностном микрослое, на термоклине или в грунтах.

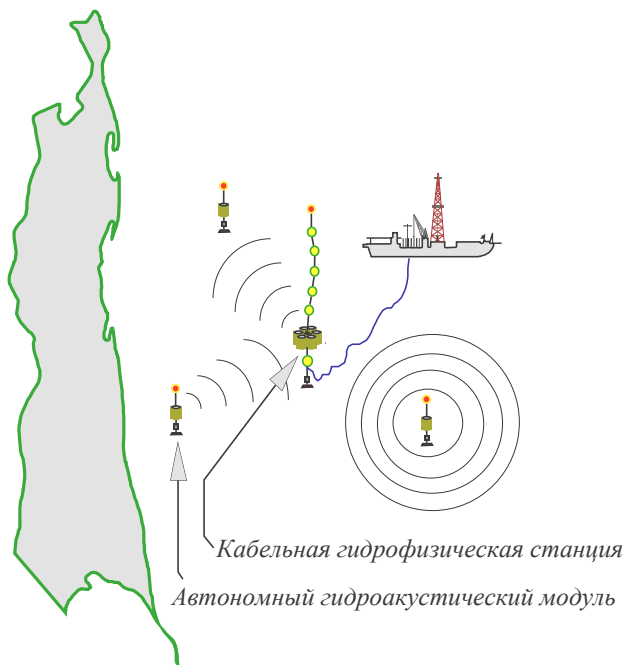


Рисунок 57. Схема расположения регистрирующего оборудования для проведения комплексного мониторинга в районе проведения буровых работ и с целью подготовки гидроакустических средств к автономной работе

Постановки ДАС, отбор проб воды и грунта, а затем, на следующем этапе, получение информации по акустическому каналу с выполнением полного комплекса исследований могут осуществляться с одного судна. Это обстоятельство значительно удешевляет проведение мониторинга морской среды, определяет единство методики и, в конечном итоге, приводит к получению полномасштабных качественных материалов.

### ***Вариант практического использования приборных комплексов***

В основе системы лежит комплекс гидроакустического оборудования, который позволяет измерять векторные профили скоростей течений, характеристики волнения и льдообразования на поверхности моря, а также контролировать наличие инородных примесей в зоне действия аппаратуры.

При создании приборной части системы необходимо проведение работ по подбору, изготовлению и укомплектованию комплекса автономного оборудования с помощью современных датчиков и микропроцессоров, а также разработка специального математического обеспечения, предназначенного для выполнения автоматизированного контроля гидрофизических и экологических процессов в районе проведения буровых работ.

В навигационный период комплекс оборудования будет представляться как система из трех автономных гидроакустических приемопередатчиков (рисунок 57), которые будут работать совместно и под управлением кабельной станции. Кабельная станция будет находиться под оперативным управлением с борта буровой платформы. Эта станция будет оснащена полным комплексом гидрофизической измерительной аппаратуры и будет обеспечивать прямой сбор больших объемов акустической информации с автономных гидроакустических приборов, с комплекса датчиков гидрофизического и экологического мониторинга.

К началу зимнего периода автономный гидроакустический комплекс будет подготовлен для длительной регистрации гидрофизической и ледовой обстановки в том же районе. При этом летние наблюдения, которые выполнялись в комплексе с традиционными гидрофизическими измерительными системами, будут обработаны и использованы для исследования и тарирования гидроакустической информации с целью разработки комплексной системы гидроакустической томографии в районе проведения нефтепромысловых работ.

На втором этапе работ автономные гидроакустические станции будут готовиться к реально автономной работе, в том числе в оперативном режиме с использованием цифровых каналов передачи информации.

### ***Общее количество и положение станций***

Для комплексной гидродинамической оценки указанного района сахалинского шельфа (см. рисунок 57), необходимо произвести наблюдения в трех точках с длительностью около одного года:

1-я станция - вблизи побережья, на траверзе буровой платформы и изобате 10-15 м, с измерением уровня моря и скорости течения на горизонте 5 м;

2-я станция - в 1 км к югу от буровой платформы должны измеряться скорости течений в 3 горизонтах (10 от поверхности, 10 м от дна и 1/3 глубины), а также уровень моря и полный комплекс гидрофизических и экологических параметров.

3-я станция на глубине 200 м, в точке концентрации изохрон сахалинского шельфа с координатами 52° севера, 144°30' востока, которая находится на дальней границе шельфа. Здесь также должны измеряться уровень моря и профиль скорости течения плюс 1 или 2 контрольных экологических параметра для оценки состояния чистой воды, движущейся к буровой платформе.



Указанные измерения будут использованы для построения математической модели постоянных и приливных течений, предназначенной для прогноза распространения примесей, а также оценки силового воздействия ледяных полей на буровые платформы, влияния штормовых нагонов, тягунов на устойчивость крепления платформ и решения других задач гидродинамики сахалинского шельфа.

### ***Стационарная сеть сейсмических и сейсмоакустических станций для наблюдения за сейсмическими событиями в районе нефтегазовых промыслов***

Для наблюдения за локальными землетрясениями (эпицентральные расстояния до 100 км) с магнитудами  $M=1,5...5,0$  и  $M=5,0...8,5$  в районе буровой платформы необходимо создать сеть из необслуживаемых и автономных сейсмостанций. Для определения координат локальных землетрясений, возникающих в зоне нефтяного месторождения (по проектам «Сахалин-1» и «Сахалин-2»), достаточно 8 сейсмостанций, разнесенных от буровой платформы на 10-15 км. Для варианта расположения буровой платформы по проекту «Сахалин-1» 4 сейсмостанции устанавливаются на дне и 4 сейсмостанции - на берегу. Донные сейсмостанции устанавливаются на грунт морского шельфа в районе нефтедобывающей платформы для приема фоновой сейсмоакустической и сейсмической информации. Информация передается по кабелю на нефтедобывающую платформу, где расположен пост сети локального сейсмического мониторинга. Береговые сейсмостанции также передают сейсмическую информацию на буровую платформу, но по радиомодему, работающему в зоне прямой радиовидимости. Центр локального сейсмического мониторинга принимает информацию от сейсмостанций, проводит дополнительную ее обработку и передает на центральный пост обработки информации в Южно-Сахалинске.

Сейсмические сигналы регистрируются донными и береговыми сейсмостанциями в диапазонах частот 0,5 ... 100 Гц (высокочастотный) и 0,1 ... 5,0 Гц (низкочастотный) в динамическом диапазоне 120 дБ (20 двоичных разрядов).

Каналы регистрации локальных землетрясений построены в виде цифровых систем, оснащенных 24-разрядными АЦП, что позволяет обеспечить стандартный обмен данными с Федеральной службой сейсмических наблюдений и с сейсмическими сетями других стран.

Сейсмические каналы сбора и передачи информации работают в двух режимах - непрерывном и «триггерном». Режим работы определяется сейсмической обстановкой.

В обычном режиме фоновых наблюдений сейсмическая станция лишь периодически в «триггерном режиме» передает сигналы о землетрясениях с магнитудами от 1,5 до 5,0, которые методами цифровой обработки выделяются из непрерывного сейсмического фона и регистрируются внутренним блоком памяти. Предельно допустимое время задержки в передаче информации на центральный пост обработки в «триггерном» режиме не превышает 12 часов.

В режиме повышенной сейсмической опасности станции переходят в режим непрерывной передачи данных.

Оценим объем сейсмической информации, передаваемой по каналам связи.

Скорость поступления информации в высокочастотный канал равна 4 кбит\сек., средняя продолжительность регистрации полезного сигнала в районе с высокой сейсмической активностью приблизительно равна 0,5 часа в сутки. Объем полезной информации по 3 сейсмическим каналам составляет в среднем 22 Мбита в сутки с каждой сейсмостанции. Для радиомодема с пропускной способностью 64 кбит/сек время его работы составит 6 минут в сутки.

В режиме повседневной деятельности возможны существенное «сжатие» полезного сигнала и оперативная передача только нескольких характерных сейсмических волн, по которым определяются главные параметры очага, его географические координаты, глубина и магнитуда. Сжатие информации обеспечивается применением в составе сейсмостанции сигнального процессора для цифровой обработки полезного сигнала. При этом информация редуцируется до 100 бит на одно землетрясение.

При среднем количестве до 40 микроземлетрясений, регистрируемых за сутки донными сейсмографами в Охотоморском регионе, объем передаваемой информации не превышает 4 кбит в сутки и может быть передан на региональную сейсмостанцию по системе спутниковой связи (ССС) «Гонец». СССР «Гонец» имеет высокую надежность передачи информации ограниченного объема (в пакетном режиме) с терминалов, имеющих малые габариты, вес и низкую потребляемую мощность (3 Вт в режиме ожидания и приема информации и 30 Вт в кратковременном режиме передачи).

Донные сейсмостанции оснащены каналом приема гидроакустического сигнала для измерения акустической эмиссии в диапазоне частот 20...20000 Гц в нескольких частотных окнах шириной несколько октав. Система цифровой обработки сигнала выделяет огибающую сигнала в диапазоне 0 ... 0,01 Гц в динамическом диапазоне до 80 дБ. В качестве преобразователя сейсмосигнала могут быть приняты высокочувствительные пьезоэлектрические низкочастотные акселерометры и геофоны АО «Геоакустика» типа А0230, А0531, А0413, которые имеют широкий частотный и динамический диапазон, а различное конструктивное исполнение позволяет использовать их как в донной морской аппаратуре, так и в береговой скважинной.

Донная сейсмостанция, составляющая основу сети, представляет собой прочный корпус, оснащенный сейсмическими датчиками и широкополосным гидроакустическим преобразователем, внутри которого размещены:

- аппаратура предварительного усиления, фильтрации и преобразования сейсмо- и гидроакустического сигнала в цифровую форму;
- сигнальный процессор с блоком памяти для предварительной цифровой обработки сейсмо- и гидроакустического сигнала;
- усилитель мощности для передачи информации по длинному кабелю.

Береговая сейсмостанция имеет тот же состав и характеристики, но оснащена радиомодемом для передачи информации на пост сети локального сейсмического мониторинга, расположенный на буровой платформе.

Основные технические характеристики донной сейсмостанции:

- Рабочая глубина постановки до 200 метров.

- Отрицательная плавучесть, обеспечивающая удержание автономного модуля на грунте не менее 20 кг.
- Длительность работы без технического обслуживания (подъема на поверхность) не менее трех лет.
- Сейсмическая информации от 3-компонентного сейсмоприемника в диапазоне частот от 0.5 Гц до 30 Гц с динамическим диапазоном 90 дБ, акустическая эмиссия в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц и с динамическим диапазоном 70 дБ;
- Передача информации по последовательному интерфейсу (RS 232).
- Длина кабеля для передачи информации и энергопитания сейсмостанции до 10 км (при расположении сейсмостанции на расстоянии от буровой платформы более 10 км кабельная линия оснащена промежуточными модулями усиления).
- Общий срок эксплуатации не менее 30 лет с учетом проведения регламентных работ и заменой узлов, имеющих меньший срок эксплуатации.

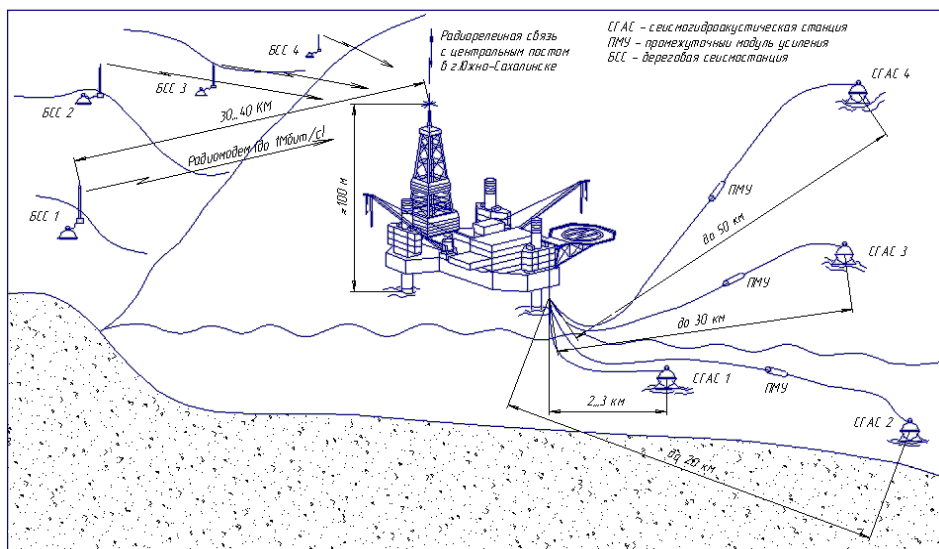


Рисунок 58. Схема расположения морского и берегового измерительного оборудования с центром предварительной обработки сейсмических данных на борту буровой платформы

При использовании радиомодема с пропускной возможностью 2,0 Мбит\сек. и дальностью связи до 40 км при потребляемой мощности 20 Вт оснащение береговых сейсмостанций унифицированными блоками литиевых батарей емкостью 600 А\час. с напряжением 27 В позволит обеспечить их работу в «фоновом» режиме более двух лет, а при непрерывном режиме передачи информации - на срок не менее 7 месяцев. При этом береговые сейсмостанции не требуют специального обслуживания и стационарных помещений.

Общий объем поступающей на пост сети локального мониторинга информации в режиме «фоновых» наблюдений (без специальной обработки) будет в пределах 200 Мбит в сутки.

После предварительной обработки информация передается по радиомодему на центральный пост обработки информации (в Южно-Сахалинске).

В режиме непрерывной передачи информации от 8 сейсмостанций поток информации составит 200 кбит/сек. (17,3 Гбит в сутки), и ее обработка обеспечивается на буровой платформе.

## Дистанционное зондирование океана из космоса

### *Организационно-технические предложения*

1. Задействовать в действующих оперативных службах спутниковые данные, получаемые по каналу HRPT со спутников «NOAA» и «Метеор». Для ускоренного освоения, совершенствования и развития спутниковых систем наблюдения в Сахалинской области спутниковые наблюдения необходимо организовать на базе научно-технической организации СКБ САМИ Российской Академии наук, в обязанности которой будет входить не только регламентная обработка спутниковой информации, но также и выполнение всего комплекса научных исследований и специальных разработок для эффективного использования систем дистанционного зондирования Земли из космоса и обеспечение интеграции космических данных в существующие системы наблюдения, с учетом действующих методик анализа природопользовательской информации.

2. На втором этапе должна быть начата проработка проекта по развертыванию и запуску в эксплуатацию приемных антенн для работы с всепогодными спутниковыми системами сверхвысокого разрешения: «Ресурс», «Океан» и «Алмаз».

3. На завершающем этапе должны быть отработаны все процедуры взаимодействия между новым спутниковым центром и действующими службами и государственными органами наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Должны быть приняты решения на федеральном уровне, которые закрепляли бы необходимость оперативного использования российских спутниковых систем для обеспечения контроля за обстановкой на море и для нужд народного хозяйства в Сахалинской области.

### *Цели и задачи работы*

Работа выполняется с целью создания информационно-технического комплекса, включающего в себя оборудование для приема данных с метеорологических и специализированных спутниковых систем, совершенствования и повышения эффективности оперативных служб наблюдения за состоянием окружающей среды в Сахалинской области;

### *Основное содержание работы*

1. Подготовка технических площадей и помещений для установки приемного спутникового оборудования и систем связи, необходимых для запуска в эксплуатацию системы оперативного дистанционного зондирования океана из космоса.

Согласование технического задания и контракта с РКА в Москве на приобретение и запуск в оперативное использование стандартной системы дистанционного зондирования Земли «NOAA», «Метеор» и «Ресурс».

2. Приобретение и развертывание комплекса технических средств для приема спутниковой информации в соответствии с техническим заданием, согласованным с РКА в Москве.

3. Организация службы и начало работ по оперативной обработке спутниковой информации с оперативной рассылкой информации в действующие службы наблюдения за состоянием окружающей среды в соответствии с утвержденным регламентом и перечнем информации и методов ее предварительной обработки.

По предварительным оценкам, стоимость работ по организации спутникового центра на базе СКБ САМИ составит:

1. Создание базовой системы, срок 1 год.	250 тыс. + 200 тыс.руб. (на оборудование)
2. Ежегодные эксплуатационные расходы	300 тыс. + 100 тыс.руб. (на развитие)

### Заключение

Создание вышеописанных систем наблюдения и комплексов информационного обеспечения в будущем может быть использовано для воссоздания и совершенствования систем оперативного наблюдения за состоянием окружающей среды в Сахалинской области и на Дальнем Востоке России. При этом СКБ САМИ сможет принять участие при выполнении следующих проектов:

1) Внедрение технологий и информационных систем, создаваемых для использования в районах нефтепромыслов, для комплексного использования при решении задач наблюдения за состоянием окружающей среды и оперативного предупреждения об опасных морских явлениях в других регионах Сахалинской области и Дальнего Востока России. А именно - создание информационной системы и организация сбора и обмена оперативной информацией как о состоянии сахалинского шельфа в целом, так и при решении других задач инженерно-технического обеспечения и контроля в районе нефтепромыслов;

2) Запуск в практическую эксплуатацию современных методов вычислительного и математического моделирования экологических, гидродинамических и гидрофизических процессов на сахалинском шельфе, которые должны обеспечить оперативное решение вопросов жизнеобеспечения и планирования деятельности на сахалинском шельфе и в районе проведения нефтепромыслов;

3) Разработка, создание, укомплектование и развертывание приборных комплексов и систем, предназначенных для оперативного и непрерывного мониторинга состояния моря и экологической обстановки в Сахалинской области и в дальневосточных морях России.

## ССЫЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Список таблиц

Таблица 1.	<i>Количественный и качественный состав глубоководных наблюдений в шельфовой зоне острова Сахалин за период 1948-1996 гг. ....</i>	38
Таблица 2.	<i>Количество глубоководных океанографических станций в Охотском море с определением гидрохимических элементов за период с 1930 по 1988 гг. по В.А. Лучину [Гидрометеорология..., 1993].....</i>	39
Таблица 3.	<i>Программа наблюдений за состоянием загрязнения воздуха в лабораториях Сахалинского УГМС.....</i>	57
Таблица 4.	<i>Программа наблюдений за состоянием загрязнения морских вод и донных отложений в лабораториях СахУГМС.....</i>	58
Таблица 5.	<i>Частота выполнения гидрохимических съёмок в прибрежных и рейдовых водах о. Сахалин.....</i>	59
Таблица 6.	<i>Перечень и точность гидрохимических параметров, определяемых в Сахалинском УГМС, в морской воде и донных отложениях.....</i>	60
Таблица 7.	<i>Программа наблюдений за гидрохимическим режимом рек о.Сахалин в лабораториях СахУГМС.....</i>	61
Таблица 8.	<i>Периодичность и частота наблюдений за гидрохимическим режимом по программам государственной службы наблюдений на реках о. Сахалин в зависимости от категории пункта.....</i>	62
Таблица 9.	<i>Параметры гидрохимических наблюдений на реках о. Сахалин по программе государственной службы наблюдений.....</i>	65
Таблица 10.	<i>Количественный и качественный состав информации, использованной для построения компьютеризированного атласа сахалинского шельфа.....</i>	101
Таблица 11.	<i>Количество глубоководных станций и число съёмок относительно температуры воды на отдельных разрезах.....</i>	103
Таблица 12.	<i>Характеристики водных масс пролива Лаперуза.....</i>	114
Таблица 13.	<i>Объём япономорских вод (<math>10^8 \cdot \text{м}^3</math>) в проливе Лаперуза по месяцам (средние многолетние данные).....</i>	115
Таблица 14.	<i>«Средние» океанологические станции пролива Лаперуза.....</i>	116
Таблица 15.	<i>Сравнение параметров импортных СТД зондов.....</i>	120
Таблица 16.	<i>Возможности космических РСА по наблюдению океанских явлений.....</i>	146
Таблица 17.	<i>Предполагаемые сроки и исполнители работ по организации комплексного мониторинга на сахалинском шельфе.....</i>	161
Таблица 18.	<i>Предполагаемые сроки и исполнители работ по созданию бортового информационно-вычислительного комплекса.....</i>	165
Таблица 19.	<i>Предполагаемые сроки организации и запуска в эксплуатацию информационно-аналитического центра на базе СКБ САМИ.....</i>	169
Таблица 20.	<i>Список телефонов узлов доступа сахалинской сети передачи данных.....</i>	171
Таблица 21.	<i>Предполагаемые сроки создания сети передачи оперативных данных.....</i>	172

## Список рисунков

- Рисунок 1. Географическая карта Сахалинской области с батиметрическими изолиниями прилегающих акваторий Охотского, Японского морей и Тихого океана. Прерывистая линия, соединяющая остров Итуруп и мыс Левенорна на острове Сахалин, отмечает стационарную гидроакустическую трассу СКБ средств автоматизации морских исследований ДВО РАН..... 9
- Рисунок 2. Логический базис проектирования, создания и эксплуатации системы оперативного мониторинга и контроля сахалинского шельфа..... 13
- Рисунок 3. Схема взаимодействия главных участников, выполняющих производственные работы, и действия по обеспечению жизнедеятельности на морских акваториях Сахалинской области..... 15
- Рисунок 4. Иллюстрация влияния речного стока на распределение температуры и солености морской воды: 1 - изотермы (градусы), 2 - изогалины (промилле)..... 21
- Рисунок 5. Факел выноса нефтяных углеводородов береговым стоком в прибрежные морские воды (изолиниями показана доля общего содержания углеводородов относительно содержания газобразных углеводородов). Следует обратить внимание на то, что вынос нефтепродуктов идет посредством дренажа через песчаный бар, т.е. масштабы загрязнения могут существенно превышать таковые, связанные непосредственно с речным стоком..... 23
- Рисунок 6. Ортогональная сетка лучей и фронтов относительно прямой линии, вытянутой вдоль тихоокеанской стороны Курило-Камчатского желоба. Рисунок показывает направление и изменение интенсивности длинноволновых откликов вблизи сахалинского побережья на гидродинамические процессы в Тихом океане. Область, отмеченная как «Карта № 2», в последующем используется при анализе гидродинамического режима на сахалинском шельфе..... 26
- Рисунок 7. Поле обратных изохрон с 15-минутным интервалом, излученных от береговой линии острова Сахалин. Приведены также изобаты: 50, 100, 200, 500 м. Вверху, на левой границе рисунка, показано распределение площадей, в процентах, покрываемых 15-минутными полосами огибающих изохрон..... 27
- Рисунок 8. Факел загрязнения моря за 5-дневный период. Характер распространения взвешенных в водной среде примесей по наблюдениям в двух близлежащих точках, в придонном, подповерхностном и в среднем горизонтах (6 следов). Стрелками с меткой s1 отмечены подповерхностные течения, интенсивность которых существенно зависит от взаимодействия с атмосферой..... 28
- Рисунок 9. Спектральный состав собственных длинноволновых колебаний уровня моря в различных пунктах вдоль восточного побережья (с севера на юг) острова Сахалин. Спектрограммы в рисунках (а) и (б) приведены к одному масштабу, при этом спектральные амплитуды на рисунке (б) на 2 порядка меньше, чем на рисунке (а)..... 29
- Рисунок 10. Изображение на экране ЭВМ в процессе численного моделирования прохождения циклона вдоль сахалинского шельфа. Столбиками обозначены экстремальные уровни моря в 22 постах наблюдения, стрелки

- показывают мгновенное поле течений. В нижней левой части экрана приведены масштабная шкала и экстремальные значения уровня моря и течения для всей расчетной области. .... 30
- Рисунок 11. Результаты численного моделирования длинноволновых процессов на сахалинском шельфе, где в качестве источников возмущения задавались быстродвижущийся циклон и одиночная волна цунами, движущиеся со стороны пролива Фриза ..... 31
- Рисунок 12. Мореографные записи, полученные при моделировании циклона, проходящего вдоль сахалинского шельфа ..... 32
- Рисунок 13. Проявление волны цунами, движущейся к Сахалину со стороны Курильских островов и имеющей амплитуду в источнике 0,5 м ..... 33
- Рисунок 14. Схема гидрологических разрезов и районирования сахалинского шельфа ..... 35
- Рисунок 15. Сеть гидрометеорологических станций СахУГМС. Прибрежные станции на рисунке выделены подчеркиванием их названия ..... 46
- Рисунок 16. Схема городов, осуществляющих мониторинг загрязнения атмосферы ..... 66
- Рисунок 17. Схема расположения районов ОГСН, в которых осуществляется мониторинг загрязнения морской воды..... 67
- Рисунок 18. Схема расположения пунктов наблюдений за качеством поверхностных вод суши ..... 68
- Рисунок 19. Визуализация полного цикла данных по наблюдениям за течениями и уровнем моря в 1994 году, выполнявшимся в двух точках, на каждой в трех горизонтах..... 78
- Рисунок 20. Изображение на экране ЭВМ при занесении данных, обработке и анализе материалов по измерениям течений ..... 78
- Рисунок 21. Районы выполнения исследований, материалы по результатам которых включены в состав информационной системы «Сахалин». В правом верхнем углу рисунка приведен фрагмент морской батиметрической карты ..... 79
- Рисунок 22. Образцы представления океанологических материалов 1995 года, которые были повторно оцифрованы по схемам, приведенным в отчете, и систематизированы в составе информационной системы «Сахалин»..... 80
- Рисунок 23. Таблица рисунков с иллюстрациями распределения амплитуд и фазовых поверхностей для собственных длинноволновых колебаний уровня моря на поверхности Охотского моря. .... 91
- Рисунок 24. Изображение на графическом экране ЭВМ в процессе проведения вычислительного эксперимента по прямому моделированию приливного режима для всего земного шара. Прилив вызывается воздействием гравитационных полей Луны и Солнца. Исходя из пространственных аппроксимационных критериев, обусловленных ограниченными вычислительными ресурсами, из расчетов исключается большая часть континентального шельфа ..... 92
- Рисунок 25. Обзорная карта приливного режима для побережья Охотского моря, построенная с использованием гармонических постоянных..... 93
- Рисунок 26. Мореографные записи уровня моря в различных постах наблюдения, полученные при проведении вычислительного эксперимента по восстановлению приливного режима в Охотском море. Вычисления производились на 20-километровой батиметрии. Цифры справа



- показывают максимальные и минимальные значения уровня моря, зарегистрированные в изображенном интервале времени. Отметки на левой границе задают масштабную шкалу с шагом 1 метр..... 94
- Рисунок 27. Попарное сравнение наблюденного (верхний ряд, без подписи названия) и восстановленного (нижний ряд с названием) прилива в нескольких пунктах Охотского моря, удаленных от генераторов вынужденных колебаний. Цифры справа показывают максимальные и минимальные значения уровня моря. Отметки на левой границе задают масштабную шкалу с шагом 1 метр ..... 95
- Рисунок 28. Характерное изменение уровня моря и проявление сейшевых колебаний вблизи побережья под воздействием циклона, прошедшего над Южными Курилами 30 сентября, за 5 дней до землетрясения, и цунами 4 октября 1997 года. Величина экстремальных уровней моря в расчетной области пока не превышает 30 см, наблюдаемых на приморском побережье Татарского пролива ..... 96
- Рисунок 29. Проявление циклона 30 сентября 1994 года (сверху вниз) в проливе Фриза, вблизи Курильска, острова Шикотан и на шельфе вблизи Южно-Курильска. На левой границе рисунка показана шкала амплитуд с отметками через 5 см. .... 97
- Рисунок 30. Пример изображения на термине вычислительного комплекса при анализе обстановки на море перед подготовкой к вычислительному эксперименту по моделированию цунами: выборка из базы данных сильнейших землетрясений и цунами; оперативный расчет времен пробега и лучевой картины от источника цунами; постановка начальных условий для моделирования на основе эмпирического очага цунами ..... 98
- Рисунок 31. В процессе проведения численного моделирования распространения цунами вблизи Северных Курил ..... 99
- Рисунок 32. Схема расположения гидрологических разрезов и узлов регулярной сетки по районам: А) залив Анива и пролив Лаперуза; Б) залив Терпения; В) Татарский пролив; Г) северо-восточный шельф острова Сахалин; [●] - стандартные гидрологические станции; [-] - узлы регулярной сетки; [1→5] - последовательность нумерации станций на разрезе; [2] – номер стандартного разреза; [II] – номер векового разреза ..... 100
- Рисунок 34. Пример представления данных в программе «Атлас». Геострофические течения в заливе Анива в летний период..... 109
- Рисунок 35. Схема расположения станций и узлов регулярной сетки в проливе Лаперуза  
• - океанографическая станция; · - узлы регулярной сетки; I - воды субарктической структуры; II - воды субтропической структуры. .... 110
- Рисунок 36. Внутригодовой ход температуры воды на стандартных горизонтах в проливе Лаперуза..... 111
- Рисунок 37. T,S - диаграммы содержания объема вод ( $10^3 \cdot \text{м}^3$ ) пролива Лаперуза по классам ( $0,2\% \cdot 0,5^\circ\text{C}$ ) и T,S - кривые «средних» океанологических станций для субарктической (кружочки) и субтропической (треугольники) структуры. Числа у кружочков и треугольников указывают глубину в м. Буквами обозначены водные массы: поверхностная (А), охотоморская (В) и япономорская (С)..... 112
- Рисунок 38. Блок-схема бортовой системы наблюдения, установленной на буровой платформе..... 126

- Рисунок 39. Схема установки измерителя профиля течений вблизи буровой платформы..... 127
- Рисунок 40. Схема компоновки измерительных приборов, устанавливаемых на большом удалении от буровой платформы, в кабельном варианте ..... 129
- Рисунок 41. Схема развертывания контрольно-измерительной аппаратуры в составе локальной системы мониторинга, базирующейся на буровой платформе.... 134
- Рисунок 42. Блок-схема обмена данными между центральной ЭВМ и источниками информации. 1 - ЭВМ; 2 - главный контроллер; 3.1 - 3.6 - периферийные контроллеры; 4.1. - 4.4 - модемы; 5.1 - 5.3 - кабели связи с донными станциями; 6.1 - 6.5 - источники питания донных станций; 7 - автоматическая метеостанция; 8 - прибор оптического зондирования поверхности моря «Оптоскан»; 9 - СТД зонд; 10 - внешняя телефонная линия связи; 11 - донный доплеровский измеритель профиля течений. .... 136
- Рисунок 43. Блок-схема унифицированного измерительного модуля: 1 - кабель связи; 2 - буфер кабеля; 3 - модем; 4 - контроллер (ЭВМ); 5.1 - датчики жизнеобеспечения; 5.2 - 5.4 - датчики измеряемых параметров; 6.1 - формирователь сигналов датчиков жизнеобеспечения; 6.2 - 6.4 - формирователи сигналов датчиков измеряемых параметров; 7 - источник питания (аккумулятор); 8 - устройство связи через гидроакустический канал; 9 - радиоканал; 10 - устройство сброса балласта..... 138
- Рисунок 44. На рисунке приведен снимок поверхностных температур моря в северной части Тихого океана. Снимок получен по сети Интернет из центра оперативной обработки спутниковых данных NOAA. Аналогичную систему оперативного распространения спутниковой информации можно создать на Сахалине (в СКБ САМИ), которая в первую очередь будет обеспечивать информацией российские гидрометеорологические и научно-исследовательские центры ..... 143
- Рисунок 45. Характерные области сканирования поверхности Земли, которые покрываются природопользовательскими спутниками системы «Ресурс» за один сеанс связи с наземным центром ..... 144
- Рисунок 46. Пример изображения на экране ЭВМ во время работы информационной системы «Сахалин» ..... 151
- Рисунок 47. Образцы электронных географических карт Сахалинской области и Курильских островов, оцифрованные в векторном формате и расложенные по базовым тематическим уровням. Карты включены в специализированную географическую информационную систему «Сахалин», созданную в СКБ САМИ и задействованную в текущих научно-исследовательских работах..... 155
- Рисунок 48. Схема дислокации служб и систем наблюдения за состоянием моря с указанием потоков оперативной информации между локальными подсистемами, действующими оперативными службами и центром мониторинга нефтепромысловых районов сахалинского шельфа ..... 160
- Рисунок 49. Схема поступления на СПБУ оперативной информации, обеспечивающей производственную деятельность, безопасность мореплавания и предупреждение об опасных морских явлениях..... 162
- Рисунок 50. Таблица-схема и содержание локального мониторинга, выполняемого непосредственно в районе нефтепромыслов. По смыслу троичной матрицы проектирования главные элементы системы указаны в

диагональных квадратах. Симметричные шесть элементов взаимосвязаны, по сути, отражая взгляд с позиций внутреннего содержания и получения эксплуатационных результатов ..... 163

- Рисунок 51. Иллюстрация сложности гидродинамики шельфовых течений. Характерные траектории распространения примесей в районе сахалинского шельфа за двухсуточный период. Наблюдения выполняются в двух близлежащих точках, в трех горизонтах - придонном, подповерхностном и на среднем уровне. Увеличение диаметров окружностей пропорционально времени процесса распространения примесей иллюстрирует величину покрываемых площадей и плотность концентрации примесей..... 164
- Рисунок 52. Логическая схема, определяющая состав участников работ при выполнении комплексного мониторинга на сахалинском шельфе ..... 167
- Рисунок 53. Южно-Сахалинский сегмент должен связать основные оперативные службы в единую компьютерную сеть с помощью высокоскоростных радиомоделов. В то же время каждый информационный ресурс должен быть включен в городскую кабельную сеть передачи данных, что обеспечит доступ к нему со стороны других потребителей информации... 170
- Рисунок 54. Изображение на экране ЭВМ при занесении данных, обработке и анализе материалов по измерениям течений ..... 183
- Рисунок 55. Выборка из базы данных приливных гармонических постоянных, которые используются при моделировании приливного режима в Охотском море .... 184
- Рисунок 56. Изображение на экране ЭВМ при анализе гидроакустических данных, полученных на стационарной трассе Сахалин-Итуруп. На карте приведена полная гидрометеорологическая обстановка на момент проведения гидроакустического эксперимента ..... 186
- Рисунок 57. Схема расположения регистрирующего оборудования для проведения комплексного мониторинга в районе проведения буровых работ и с целью подготовки гидроакустических средств к автономной работе ..... 190
- Рисунок 58. Схема расположения морского и берегового измерительного оборудования с центром предварительной обработки сейсмических данных на борту буровой платформы..... 194

## Литература

1. Андерсен Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М., Мир, 1990. Том 1 и 2, 726 с.
2. Асмус В.В. Кровотыңцев В.А. (НПО «Планета», Москва), Оценка состояния полярных ледяных покровов с использованием данных с ИСЗ «Океан». М., ВНИРО, 1996;
3. Астарита Дж., Маруччи Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. М., Мир, 1978. 309 с.
4. Атлас Сахалинской области. М., ГУГК, 1967.
5. Баталин А.М. Итоги науки на Дальнем Востоке за 50 лет Советской власти. Вып.1. Океанография. Владивосток, Изд-во СО АН СССР, 1968. 102с.

6. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М., Наука, 1982. 370 с.
7. Бруевич С.В. Химические исследования Института океанологии АН СССР на дальневосточных морях и в прилегающей части Тихого океана // Труды ИОАН СССР, 1956. Т.17. С. 18-40.
8. Бруевич С.В., Богоявленский А.Н., Мокиевская В.В. Гидрохимическая характеристика Охотского моря // Труды ИОАН СССР, 1960. Т.42. С.123-198.
9. Волны в пограничных областях океана. / Ефимов В.В., Куликов Е.А., Рабинович А.Б., Файн И.В. Л., Гидрометеиздат, 1985. 280 с.
10. Вольцингер Н.Е., Пясковский Р.В. Теория мелкой воды. Океанологические задачи и численные методы. Л., Гидрометеиздат, 1977. 208 с.
11. Воронцов А.А., Михайлов Н. Н., Олейников С. А., Ульянич И. Г. Режимно-справочный банк данных "Океанография - моря СССР". Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1990. 92 с.
12. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. М., Статистика, 1978. 247 с.
13. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Гидрохимия Охотского моря / Под ред. Т.И.Супранович, Т.С.Моторыкиной // Труды ДВНИИ. 1981. Вып.33. 172 с.
14. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Гидрохимия Японского моря / Под ред. Т.И.Супранович, Т.С.Моторыкиной // Труды ДВНИИ. 1984. Вып.35. 89с.
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. С.-Пб., Гидрометеиздат, 1993. 168с.
16. Дейвид Г. Порядковые статистики. М., Наука, 1979. 335с.
17. Дерюгин К.К. Работы в Тихом океане // Советские океанографические экспедиции. Л., Гидрометеиздат, 1968. С. 162-185.
18. Дуванин А.И. Волновые движения в море. Л., Гидрометеорологическое издательство, 1969. 223 с.
19. Единая автоматизированная система наблюдения за возникновением и распространением цунами и предупреждения о них. Технико-экономическое обоснование (ТЭО-2). Госкомитет по гидрометеорологии и контролю окружающей среды. М., 1987. 106 с.
20. Захаров М.Ю., Крашеникова Ю.С., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Флитман Е.В., Хохлова Н.Л. (Институт космических исследований РАН, Москва). Возможности оперативного доступа пользователей к данным метеорологических спутников. М., ВНИРО, 1996.
21. Зенкевич Л.А. Биология морей СССР. М., Изд-во АН СССР, 1963. 739с.
22. Зубов Н.Н. Отечественные мореплаватели - исследователи океанов и морей. М., Географгиз, 1954. 474с.

23. Иванов А.Ю., Зайцев В.В., Широков П.А. (НПО машиностроения, Московская обл.). Перспективы развития спутника «Алмаз» и прикладные аспекты применения данных РСА для исследования океана и решения задач рационального использования его биологических ресурсов. М., ВНИРО, 1996.
24. Ивлев А.М. Почвы Сахалина. М., "Наука", 1965.
25. Израэль Ю.А. Глобальная система наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей природной среды. Основы мониторинга Метеор. и гидрол., 1974, № 7. С.3-8.
26. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л., Гидрометеиздат, 1979. 375с.
27. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. Л., Гидрометеиздат, 1989.
28. Истошин Ю.В. Японское море. М., Географгиз, 1959. 77с.
29. Карасев В.И., Кондранин Т.В. (НПЦ «ОПТЭКС», НПАО «ЭЛАС», Москва). Возможности отраслевого использования космической системы двойного назначения на базе МКА ЭКО.
30. Кильчевский Н.А. Элементы тензорного исчисления и его приложения к механике. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1954. 168 с.
31. Климатический и гидрографический атлас Японского моря / Под.ред. В. С. Самойленко. М., Гидрометеиздат, 1955. 100 с.
32. Леонов А.К. Региональная океанография. Ч.1. Берингово, Охотское, Каспийское и Черное моря. Л., Гидрометеиздат, 1960. 766 с.
33. Макаров С.О. "Витязь" и Тихий океан. Океанографические работы / Под ред. Н.Н. Зубова, А.Д. Добровольского. М., Географгиз, 1950. С. 95-240.
34. Мамаев О.И. Термохалинный анализ вод Мирового океана. Л., Гидрометеиздат, 1987. 296с.
35. Мамаев О.И., Архипкин В.С., Тужилкин В.С. Т,S - анализ вод Черного моря // Океанология, 1994. Т.34. №2. С. 178-192.
36. Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях. М., Гидрометеиздат, 1979. № 43. 39 с.
37. Методические указания по определению токсичных загрязняющих веществ в морской воде на фоновом уровне. М., Гидрометеиздат, 1982. № 45. 28с.
38. Методы гидрохимических исследований океана (под редакцией д.г.-м.н О.К. Бородского). М., Наука, 1978. 272 с.
39. Морошкин К.В. Водные массы Охотского моря. М., Наука, 1966. 55с.
40. Морошкин К.В. Многолетние гидрологические наблюдения в Охотском море // Труды ДВНИГМИ. 1963. Вып. 013. С. 64-78.
41. Морошкин К.В. Новая схема поверхностных течений Охотского моря // Океанология. 1964. Т.4. Вып.4. С.641-643.
42. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. Л., Гидрометеиздат, 1985.

43. Основные черты геологии и гидрологии Японского моря. М., Изд-во АН СССР, 1961. 224с.
44. Основные гидрометеорологические сведения о морях СССР. Т.9. Охотское море. Л., Гидрометеоздат, 1956. Вып. 2.
45. Основные черты геологии и гидрологии Японского моря. М., Изд-во АН СССР, 1961. 224с.
46. Пищальник В.М., Бобков А.О. Гидролого-гидрохимический атлас сахалинского шельфа // X международная конференция по промысловой океанологии. Тезисы докладов. М., Изд-во ВНИРО, 1997. С.99-101.
47. Пищальник В.М., Бобков А.О. Методологические принципы построения компьютеризированного гидролого-гидрохимического атласа сахалинского шельфа // Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1992. С. 312-334.
48. Пищальник В.М., Климов С.М. Каталог глубоководных наблюдений, выполненных в шельфовой зоне острова Сахалин за период 1948-1987 гг. Южно-Сахалинск, ИМГиГ ДВО АН СССР, 1991. 168 с.
49. Поплавский А.А., Куликов Е.А., Поплавская Л.Н. Методы и алгоритмы автоматизированного прогноза цунами. М., Наука, 1988. 128 с.
50. Режимобразующие факторы, гидрометеорологические и гидрохимические процессы в морях СССР. Л., Гидрометеоздат, 1988. 302с.
51. Режимобразующие факторы, информационная база и методы ее анализа. Л., Гидрометеоздат, 1989. 316 с.
52. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 18. Дальний Восток, выпуск 4, Сахалин и Курилы (под ред. М.Г. Василевского). Л., Гидрометеоздат, 1973.
53. Рудовиц Л.Ф. Первое русское кругосветное плавание 1803-1806 гг. // Труды ГОИН. 1954. Вып.27(39). С. 3-12.
54. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях Л., Гидрометеоздат, 1977. 725 с.
55. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. М., Гидрометеоздат, 1991.
56. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л., Гидрометеоздат, 1980. 191 с.
57. Руководство по методам химического анализа морских вод / Под ред. С.Г. Орадовского. Л., Гидрометеоздат, 1977. 208 с.
58. Руководство по организации наблюдений, проведению работ и выдаче решений на сброс отходов в море с целью захоронения (временное) / Под редакцией к.г.н. И.А. Шлыгина. М., Гидрометеоздат, 1984. 63 с.
59. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92. С-Пб, Гидрометеоздат, 1993. 262 с.
60. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л., Гидрометеоздат, 1977.

61. Симонов А.И. Загрязнение океана//Итоги науки и техники.- М.: ВИНТИ, Океанология, 1979. Т.5. С.194.
62. Симонов А.И., Родионов Н.А., Афанасьева Н.А. Состояние и перспективы организации системы наблюдения и контроля за загрязнением морей Советского Союза // Исследование морей и океанов. М., Гидрометеиздат, 1983. С. 307-316.
63. Справочный каталог течений шельфа о.Сахалин / Под ред. Е. Н. Морозова. Южно-Сахалинск: Сахалинское УГКС, 1984. 38с.
64. Таблицы приливов, 1960 год. Азиатское побережье СССР и прилегающие иностранные акватории. Л., Гидрометеиздат, 1960.
65. Труды 1-го советско-английского симпозиума "Мониторинг состояния окружающей природной среды". 1977. С.10-25.
66. Труды Международного симпозиума "Концепция глобального мониторинга загрязнения окружающей природной среды", 1980.
67. Удинцев Г.Б. Рельеф дна Охотского моря // Труды ИОАН. 1957. Т.22. С.3-76.
68. Ушаков П.В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. М., Изд-во АН СССР, 1953. 457с.
69. Храмушин В.Н. Использование особенностей цифровой ЭВМ для постановки вычислительного эксперимента в гидромеханике // Актуальные вопросы геологии, геофизики и биологии (материалы XVI конференции молодых ученых ИМГиГ), Южно-Сахалинск, ДВО АН СССР, 1990. С.119-133.
70. Храмушин В.Н. Комплекс программ для решения задач о распространении волн цунами // Вычислительные технологии. Новосибирск, 1992, Т.1, № 3. С. 281-295.
71. Храмушин В.Н. О постановке вычислительного эксперимента в гидромеханике. Реализация задачи о распространении длинных волн: Препринт. Южно-Сахалинск, ИМГиГ ДВО АН СССР, 1988. 41с.
72. Храмушин В.Н., Симонов К.В. Численные расчеты распространения цунами в районе Усть-Камчатска // Природные катастрофы и стихийные бедствия в Дальневосточном регионе. Т.1, Владивосток, ДВО АН СССР, 1990. С. 179-189.
73. Христо Маринов, Марин Механджиев, Васил Ботев, Митко Ненков. Экологизация и экологическая экспертиза. ВФХИ, Свиштов, 1981.
74. Яричин В. Г., Моторькина Т. С. Основные этапы исследований и обеспеченность Охотского моря данными гидрохимических определений // Труды ДВНИИ, 1987. Вып.36. С.31-41.
75. Aota Masaaki, Takidzawa Takatosi. Soya Projekt // Marine Science Monthly (Japan), 1994. Vol.26. № 12. P. 819-823.
76. Byung Ho Choi. A tidal model of the Yellow sea end the Eastern Chinasae, KORDI report 80-02, Korea ocean research and development institute, 1980. 71 p.
77. Carr J. R. Uvkrig: a Fortran-77 program for universal Kriging // Computers & Geosciences. 1990. Vol.16. No.2. P.211-236.

78. Emil E. Gherbek (Institute of Automation and Control Processes, Vladivostok), Regional Environmental Satellite Monitoring, PICES Press, Vol.2<sup>1</sup>, Jan. 1994.
79. Kim Kye Young, Numerical Experiments in M2 Tide in the Okhotsk Sea. Seoul National University. 1992. 68 p.
80. Levitus S., Conkright M.E., Gelfeld R.D., T. Boyer. World Ocean Atlas 1994 presents new ocean climatologies // Earth System Monitor. December 1993. Vol. 5, No. 2. P. 1-16.
81. Levitus S., Gelfeld R.D. Oceanographic data archaeology project receives international support // Earth System Monitor. March 1993. Vol. 3, No. 3. P.1-12.
82. Mann R.E. Global Environmental Monitoring System, SCOPE, Rep.3, Toronto, 1973.
83. Marukawa H. Investigation of the current, organisms and fishing places of the Okhotsk and Japan sea off Kingwa-Gyogyo Kihon // Chosa Hokoku. 1918. No 6. P. 54-129.
84. Numerical Recipes in C. The Art of Scientific Computing. - Cambridge University Press, 1988. 740 p.
85. William C. Patzert (Jet Propulsion Laboratory), Oceanography from Space in the 1990s, PICES Press, Vol.2<sup>1</sup>, Jan. 1994.