

Глава 8. Океанографические исследования

Как уже указывалось выше, важнейшей научно-прикладной задачей ДВНИГМИ являлись комплексные океанографические исследования дальневосточных морей (Японского, Охотского, Берингова), Тихого и Индийского океанов и разработка прогнозов океанографических параметров.

С этой целью в структуре института в начале его создания были организованы отдел океанографических исследований и прогноз с группой экспедиционных исследований и отдел гидрометеорологического режима моря. Внутри отделов имелся ряд лабораторий и групп, занимавшихся исследованиями отдельных конкретных проблем и задач океанографии.

Следует отметить, что с течением времени и в связи с запросами практики менялась приоритетность научно-прикладных проблем и задач океанографии. Соответственно претерпевала изменения и структура океанографических отделов, лабораторий и групп. При этом главные цели и задачи океанографических исследований оставались прежними.

Первое сравнительно полное описание и анализ развития океанографических исследований за 50 лет советских океанографических исследований в Тихом океане всеми НИУ и ведомствами, а также научного вклада в этот процесс ведущих ученых, в том числе и ДВНИГМИ, представил А. М. Баталин [1] в 1968 г.

Составление справочных пособий

Как и по другим направлениям гидрометеорологии в

океанографических подразделениях института с первых шагов своей деятельности начат сбор и систематизация накопленных к этому времени результатов океанографических наблюдений на дальневосточных морях. Их итогом уже в 1950 г. были Атласы цвета и прозрачности вод Японского и Желтого морей, Атласы градиентов плотности вод этих же морей и карты гидроакустических параметров.

Отделу гидрометеорологического режима моря с первого дня создания института была вменена в обязанность объемная и кропотливая работа — составление, редактирование, экспертиза и передача на издание морских гидрометеорологических ежегодников. Эта работа продолжалась вплоть до 1962 г., а затем передана Владивостокской гидрометеорологической обсерватории.

Параллельно большинство сотрудников океанографических отделов и некоторые работники других подразделений принимали участие в выполнении большой и важной работы — составлению «Гидрологического справочника Японского моря». К концу 1956 г. эта работа под руководством А. М. Баталина была выполнена. Коллектив сотрудников — исполнителей работы с.н.с. А. М. Баталин, начальник отдела морского режима В. И. Порошина, начальник отдела синоптических исследований О. К. Ильинский, начальник отдела агроклиматологии И. Ф. Соколов, м.н.с. Н. Г. Васюкова, инженеры Ю. Г. Нелепова, Н. П. Лев, У. А. Конопкина, В. И. Куля, заведующая химической лабораторией А. А. Баталина, старшие техники А. П. Ситникова, З. Д. Чепурнова, техники Л. В. Гудкова, З. В. Шландакова, Т. И. Хомякова, машинистки Л. П. Проценко и Г. К. Безшейко



Сотрудники океанографического отдела. Май 1974 г.

были поощрены.

По своему содержанию указанный труд представляет собой не только обобщение фактических материалов наблюдений, надлежащим образом систематизированных, но также и критический анализ системы представлений о гидрометеорологическом режиме моря. В дальнейшем, вплоть до наших дней, разработка режимно-справочных пособий как отдельных океанов, морей, их частей, заливов, проливов и бухт, так и отдельных океанографических элементов этих акваторий нашла широкое распространение в практике океанографических исследований.

Примером таких разработок можно назвать “Комплексный гидрометеорологический атлас Японского моря”, вышедший из печати в 1968 г., подготовленный сотрудниками научно-исследовательского института аэроклиматологии (НИИАК) и ДВНИГМИ. Представителем и руководителем работ со стороны ДВНИГМИ был Е. И. Ластовецкий, техническими исполнителями — К. А. Лесовая, Л. Г. Соколова, Л. М. Сысенко, Е. П. Шелвина [2].

Яркой иллюстрацией режимно-справочного пособия отдельного локального района, важного в гидрометеорологическом и хозяйственном отношениях, является монография Т. И. Супранович и Л. П. Якунина “Гидрология залива Петра Великого”, опубликованная в 1976 г., а также подобная монография “Гидрология устьевой области р. Амур”, вышедшей из печати в 1977 г. Здесь в состав авторов от ДВНИГМИ входили Т. И. Супранович, Р. А. Деева, Г. А. Цапко, Л. П. Якунин; от УГМС Дальнего Востока — А. М. Мордовин, З. П. Лобовикова, Е. Г. Иванова; от Амурской устьевой станции — О. А. Кулаков, Н. Ф. Никушина, В. Б. Козловский; от ДВГУ — Ю. И. Кононов.

В конце 80-х годов прошлого столетия по инициативе ЦКП ВМФ были изданы “Гидрометеорологические карты” Японского, Охотского и Берингова морей с довольно полной описательной частью. В составлении этого пособия активно участвовали сотрудники ДВНИГМИ.

Примером подробного режимно-справочного пособия для отдельного элемента можно назвать монографию В. Г. Яричина “Течения Японского моря (обобщение инструментальных данных)”, опубликованную в 1980 г.

Одновременно интенсивно развивалось составление различного рода специализированных справочных пособий, например, таких как “Таблицы приливов” и “Таблицы течений” постоянного действия для отечественных и зарубежных вод дальневосточного региона. С 1961 г. эти таблицы преобразовали в таблицы календарного типа, которые составляются и издаются до настоящего времени.

В последнее десятилетие деятельности ДВНИГМИ стали выходить из печати справочно-монографические пособия по дальневосточным морям, выполненные в рамках государственного проекта “Моря”. В настоящее время опубликованы: Том IX. Охотское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [3], Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности [4]; Том X. Берингово море. Выпуски 1, 2 аналогичного содержания [5, 6]; Том VIII. Японское море, выпуск 1 [7].

В этой работе были задействованы коллективы сотрудников ДВНИГМИ, ТИНРО, ДВГУ, ИБМ ДВО РАН и территориальных УГМС. Со стороны ДВНИГМИ работы выполнялись под руководством в разное время Т. И. Супранович, В. Г. Яричина, В. А. Лучина.

Авторами отдельных разделов всех томов являлись: Т. И. Супранович, В. Г. Яричин, В. А. Лучин, В. А. Меньшиков, Т. С. Моторыкина, О. Г. Пятин, Н. Г. Алисимчик, В. И. Лаврентьев, А. В. Савельев, П. Б. Фирсов, М. Р. Гарбер, Ю. Д. Ковбас, Л. П. Якунин, А. Г. Петров, В. В. Плотников, И. Е. Кочергин, Т. Н. Чупахина. Расчеты и техническое оформление осуществлялось: Л. Л. Безденежных, Т. Н. Пузыревской, С. И. Кисловой, А. И. Сиротенко, Е. В. Горобченко, М. М. Шутовой, С. В. Жуковой, В. М. Лаврентьевым, Т. Н. Чупахиной, М. М. Асташиной, В. М. Шашель, Л. А. Кривченковой, Т. А. Перуновой, Л. П. Демидовой, В. Т. Соломенник, И. А. Горбиль, Т. И. Леваньковой, Е. В. Мокиевской, Е. А. Коростелевой, Т. С. Моторыкиной, Н. Н. Самсоновой.

О других разработках будет сказано ниже при анализе океанографических исследований в ДВНИГМИ по отдельным направлениям.

Уровень моря и приливные явления

Колебания уровня моря и приливные явления принадлежат к важнейшим характеристикам состояния моря, без знания которых невозможно изучение как общих проблем мореведения, так и решение многих прикладных задач.

Для решения задач, связанных с изучением приливных явлений, требованиями навигации и портостроительства, необходимо было привести в единую систему все существующие разнородные и разновременные материалы. Эту работу проделали А. Е. Крафт, К. Н. Соловейчик, Р. А. Деева, Т. И. Супранович, В. Г. Ньюнко и др., осуществив сбор, анализ, обобщение и сплошное перевычисление всех уровенных параметров, что имело важное научное и практическое значение.

Так, А. Е. Крафт в 50-х годах прошлого столетия в ряде своих работ подробно изучил и представил характеристики приливов и колебаний уровня Японского моря и лимана р. Амур по материалам береговых пунктов. Он провел типизацию приливов, проанализировал особенности колебаний среднего уровня, рассмотрел вопросы выбора нуля глубин, распространения приливных волн, представил список гармонических постоянных приливов в этих бассейнах, а также сведения об



Т. И. Супранович

основных портах. Особое внимание, при этом, уделил вопросам водной нивелировки нулей постов в лимане р. Амур, показав, что метод водной нивелировки достаточно точен, а в случае передачи отметок на острова является единственным. А. Е. Крафт подробно изучил вопрос изменчивости колебаний среднего уровня моря в связи с изменением атмосферного давления.

В это же время К. Н. Соловейчик изучила характеристику приливов в ряде основных портов дальневосточных морей (Владивосток, Тетюхэ, Александровск) и произвела оценку их в качестве основных: Владивосток — для залива Петра Великого и прилегающих к нему районов моря; Тетюхэ — для залива Ольги, бухт Владимира, Пластун, Терней, Золотой Рог; Александровск — для бухт Иннокентия, Датта, Таба, заливов Старка, Де-Кастри, Виахту, мысов Сущева, Лазарева, Погиби, Тык, Танги, Пилево.

Одновременно с упомянутыми работами А. Е. Крафт [8] разрабатывает стандартные схемы для вычисления гармонических постоянных прилива по методу Дарвина, которые усовершенствуют и облегчают расчеты, позволяют механизировать работы, а К. Н. Соловейчик [9] предложила новый метод предвычисления приливов, имеющий значительные преимущества перед уже известными методами по точности, простоте и скорости расчетов.

Чуть позже, в 1962 г., К. Н. Соловейчик [10] изложила рекомендации по подбору и анализу материалов уровенных наблюдений к предварительной обработке их для целей водного нивелирования на морях со смешанными приливами. Описаны принципы и приемы водного нивелирования, приведены вычислительные схемы, формулы и пояснения к ним.

В одной из последних работ, опубликованной К. Н. Соловейчик в 1970 г. [11], представлен интересный анализ влияния изменений склонения Луны на изменчивость приливных характеристик. Ею, в частности, рассмотрено влияние отличных от среднего склонений Луны на суточный ход характеристик прилива для случая прилива неправильного суточного типа. Установлено, что изменения в знаке склонения, его величине в сочетании с различными фазами Луны и моментами верхней или

нижней ее кульминации оказывают существенное влияние на суточный ход колебаний уровня и могут приводить к значительному смещению высот и моментов наступления полных и малых вод, а также к изменению самого характера приливов. Сделан вывод, что для районов со смешанными приливами, особенно с неправильными суточными, необходимо обязательно учитывать все изменения склонения Луны, а не принимать их средние значения, как это делается при составлении таблиц постоянного действия.

В первой половине 60-х годов прошлого столетия В. Г. Ньюнко опубликовал ряд методических работ [12–14], позволяющих заменить громоздкие расчеты высот главных составляющих волн прилива на средние астрономические условия простой их выборкой из заранее рассчитанных таблиц, а также предложил таблицу для выборки готовых фаз приливных течений вместо вычислений и способ исключения ошибки, допускаемой при нахождении компонентов остаточного течения в результате анализа двух суточных серий наблюдений над течениями с помощью гармонических постоянных и специальных таблиц.

Цикл работ в течение 60-х годов XX столетия выполнила Т. И. Супранович, касающихся режима приливных и непериодических течений и некоторых проблем водообмена в проливах Татарском, Севергина, Креницина и гидрологии проливов Курильской островной дуги в целом.

Продолжила этот цикл работ Н. П. Помазанова в 1970 г., исследуя приливные явления и условия их формирования в проливе Рикорда и в северо-восточных районах Охотского моря.

Фундаментальные исследования колебаний уровня и приливных явлений всех трех дальневосточных морей в течение 70-х годов XX столетия провела Р. А. Деева. В 1970 г. она в монографии “Уровень Охотского моря” представила подробные режимные сведения о колебаниях уровня Охотского моря и Амурского лимана, а также о сейшах и цунами. В основу анализа положен материал наблюдений за 1911–1962 гг.

Несколько позже ею построены новые схемы распространения суточных с полусуточных приливных волн, полученные методом изогипс по большему числу данных для Берингова моря, а на основе пространственного расчета гармонических постоянных методом Г. В. Полукарова она составила и описала приливные карты волн M_2 , S_2 , K_1 и O_1 для Японского моря.

Р. А. Деева в ряде своих публикаций [15–18] рассматривала также вопросы методического характера по обработке, анализу и предвычислению приливов [15]. При этом приливные поправки для апробации она вычисляла по наблюдениям, предвычислениям и гармоническим постоянным. Ею предложены вспомогательные таблицы [16], которые дают возможность определять средние прикладные часы полных и малых вод, лунные промежутки тропических приливов, время роста и падения уровня, возраст, котидальные часы и величины приливов, облегчают вычисления негармонических постоянных приливов по Гаррису. В работах [17–18] Р. А. Деева подробно анализирует вопросы о точности вычисления гармонических по-



Сотрудники лаборатории приливов и приливных течений. 1980-е гг.

стоянных волн N_2 , K_2 , P_1 и Q_1 при обработке месячных и полумесячных серий наблюдений над приливами методом Дарвина, а также указывает на возможные погрешности при описании временной изменчивости приливов с помощью средних величин приливов, получаемых по гармоническим постоянным.

Венцом научно-прикладных исследований приливных явлений Р. А. Деевой можно считать составление Каталога гармонических и негармонических постоянных приливов отечественных вод морей Дальнего Востока, изданного в 1972 г. В данной работе в наиболее полном виде отражены все характеристики приливов для акватории всех морей Дальнего Востока, а каталог не потерял своей научной и практической ценности и в настоящее время.

В течение 1960–1980-х годов с получением ДВНИГМИ мощного научно-исследовательского флота неограниченного района плавания осуществлялся новый виток широкомасштабных экспедиционных исследований дальневосточных морей, Тихого и Индийского океанов. Начался бурный приток разнообразной океанографической информации с открытых акваторий морей и океанов, в том числе наблюдений над течениями с помощью автономных буйковых станций (АБС). Это дало возможность уже во второй половине 70-х годов приступить к всестороннему изучению второй составляющей приливных явлений — приливных течений.

Первые исследования приливных течений в этом плане выполнены Е. И. Ластовецким для открытых районов северо-западной части Тихого океана [19–21]. По данным инструментальных наблюдений над течениями с АБС им из семисуточных серий методом Франко были рассчитаны гармонические постоянные приливных течений на стандартных горизонтах, проведена оценка их достоверности на зависимом и независимом материалах, построены карты их пространственного распределения, предложено районирование акватории северо-западной части Тихого океана по характеру приливных течений [19]. Составлена карта пространственного распределения максимально возможной по астрономическим условиям скорости приливных течений на поверхности северо-западной части Тихого океана [20]. Обоснованы и предложены оптимальные сроки постановки АБС в различных районах северо-западной части Тихого океана с точки зрения получения корректной информации для расчета надежных гармонических постоянных приливных течений в зависимости от фаз и склонения Луны [21]. Завершающим этапом этих исследований стала монография Е. И. Ластовецкого “Приливные течения северо-западной части Тихого океана”, в которой приведены гармонические постоянные, режим, основные параметры, пространственно-временная изменчивость и вертикальная структура приливных течений.

Исследования Н. А. Власова [22–24] приливных течений в открытых районах океана выявили интересные особенности вертикальной изменчивости и вертикальной структуры приливного потока. Так, в [22] на примере нескольких АБС, расположенных в различных структурных зонах (северо-западной, субтропической, тропической и экваториально-тропической), с помощью численных экспериментов он исследовал вертикальные профили скоростей приливных течений и установил количественные связи между типом стратификации градиентов плотности и вертикальной структуры приливного потока. Вертикальное распределение элементов приливных течений тесно связано с глубиной залегания и мощностью слоя повышенных градиентов плотности. С



Г. Ю. Харитонова. Работа с таблицами приливов. 2005 г.

севера на юг происходит постепенное изменение форм вертикальных профилей скорости приливного течения от плавного со слабовыраженными максимумами профиля на севере к резко изменяющемуся профилю в районе тропического типа стратификации. Н. А. Власовым [23, 24] произведена оценка сравнительного вклада бароклинной и баротропной составляющих приливного потока. Показано, что в тропическом и субтропическом районах приливные течения существенно бароклинные, а в субарктическом районе бароклинная часть приливного потока не превосходит баротропную.

Н. А. Власовым и Е. И. Ластовецким [25] проведено районирование северной части Тихого океана по типам вертикальных профилей скорости максимального приливного течения, его фазы и направления. Выделено пять районов с различными типами вертикальной структуры приливного потока: прикурильский, субарктический, субтропический и экваториально-тропический.

Накопление новой океанографической информации позволило океанологам института подойти к более углубленному изучению гидрологического режима вод отдельных акваторий морей и океанов. Так, В. Г. Яриным на базе семисуточных серий наблюдений за течениями на АБС в Татарском и Корейском проливах в 1982 г. рассчитаны новые гармонические постоянные приливных течений, оценена их достоверность, построены приливные карты, рассмотрен режим приливных течений в зависимости от астрономических условий, приведены сведения о пространственной изменчивости величин сизигийных, квадратурных, тропических и равноденственных течений. Т. И. Супранович уточнила влияние приливов на гидрологические условия района Курильской островной дуги, сделав упор на изучение особенностей вертикального приливного и бокового приливного перемешивания, а также с соавторами Т. Т. Неचाюк и Т. Н. Чупахиной [26, 27] рассмотрела некоторые особенности приливной волны на шельфе Охотского и Японского морей и в проливах Курильских островов, уточнила котидальные карты основных волн прилива Японского моря.

В. А. Лучин рассчитал новые гармоники приливных течений в районе Курильской островной дуги, произвел

районирование приливных течений по их характеру, представил анализ максимально возможных по астрономическим условиям приливных течений, исследовал структуру приливного потока. Им же в [28] дана оценка достоверности гармонических постоянных приливных течений, в [29] проанализирована пространственная структура приливного потока, в [30] на базе сведений о вертикальных и горизонтальных составляющих приливного потока дана кинематическая характеристика волн прилива в районе Курильской островной дуги.

Группой сотрудников: Г. А. Полежаевой, Н. П. Акимовой, Н. Ф. Обытоцкой, И. Е. Ампиловой, А. К. Ушевой, А. А. Штабской, Г. А. Стрельченко был произведен перерасчет и уточнение гармоник прилива всех основных пунктов, помещаемых в таблицы приливов, а Н. П. Акимовой и И. Е. Ампиловой разработана и внедрена компьютерная версия подготовки экземпляра таблиц приливов и течений, которая используется в настоящее время.

Е. И. Ластовецким, З. М. Орловой, Е. И. Бариной, Л. С. Краюшниковой, Е. В. Горобченко заново рассчитаны или уточнены гармоники приливных течений для предвычисления приливных течений календарного типа для акваторий северной части Охотского моря, основных проливов Курильской гряды, проливов Татарского, Лаперуза, Сангарского, Корейского, Лусон, Каримата, залива Бакбо, южной части Южно-Китайского моря.

Начиная с 80-х годов XX столетия в институте начаты специализированные исследования неперiodических колебаний уровня. Следует отметить при этом, что на особенности неперiodических колебаний уровня, связанные с режимно-климатическими, орографическими, геологическими и другими факторами обращалось внимание постоянно, в частности, при составлении различного рода режимно-справочных пособий, описаний и характеристик.

В 1983 г. А. В. Савельевым [31] изучен вопрос о влиянии атмосферного давления и ветра на колебания среднего уровня Японского моря вдоль побережья Приморья. Для количественной оценки роли этих фак-

торов им рассчитаны коэффициенты множественной детерминизации, равные квадрату множественной корреляции и характеризующие совместный вклад метеорологических факторов. Выявлено уменьшение степени влияния метеорологических факторов на средний уровень моря с юга на север, что обусловлено значительным перепадом атмосферного давления в течение года на юге Приморья. В южных районах вклад ветра и давления в колебания среднего уровня составляет 75–80%, а в северных 55–60%. Годом позже А. В. Савельевым [32] на основе статического анализа годовых максимумов уровня, аппроксимации эмпирической функции распределения их вероятностей теоретической и экстраполяции ее в область редких повторяемостей рассчитаны экстремальные высоты уровня для северного и западного побережий Охотского моря. Не оставил он без внимания и Берингово море [33], исследовав длиннопериодные колебания уровня в диапазоне частот, охватывающих сезонные, межгодовые и многолетние колебания и сделав их анализ. Им, в частности, установлен линейный тренд в сторону роста среднего уровня, скорости которого близки к общепринятым значениям эвстатических повышений уровня, за исключением Анадырского залива, в котором существенную роль в образовании однонаправленных тенденций уровня играет сток р. Анадырь. Приведены статистические характеристики колебаний и выявлены их основные причины. Продолжив исследования уровня Берингова моря, А. В. Савельев в [34] рассмотрел режим максимальных и минимальных уровней на отечественном побережье моря по наблюдениям в 8 пунктах, рассчитал теоретические функции распределения экстремальных отклонений уровня с использованием метода, базирующегося на аппроксимации эмпирических функций распределения двойным экспоненциальным законом. На основе теоретических функций выполнены оценки экстремальных уровней редкой повторяемости.

Одним из важнейших феноменов неперiodических колебаний уровня являются штормовые нагоны, знания о которых в хозяйственной деятельности человека просто необходимы. В этом плане большие исследования ветровых нагонов уровня на побережье Охотского моря провел Г. И. Гершенгорн в конце 50-х — начале 60-х годов прошлого столетия. Продолжил эти работы П. Б. Фирсов, а затем к нему подключился и А. В. Савельев. В целях изучения механизма формирования штормовых нагонов П. Б. Фирсовым [35] рассмотрена динамическая система “Вынуждающие силы — колебания уровня моря”. В качестве вынуждающих сил выбраны коэффициенты разложения барических полей по е. о. ф. над Японским морем. Выделены энергонесущие периоды в коэффициентах разложения по е. о. ф. и в неперiodических колебаниях уровня на временных масштабах в 7–10, 3.8–5.5 и 1.8–2.6 суток и определена количественная связь. Показано, что реакция уровня на вариации среднего по морю давления не соответствует закону обратного барометра. Установлен доминирующий вклад в колебания уровня первых коэффициентов разложения по е. о. ф. На основе результатов исследований впервые предложен возможный механизм формирования штормовых нагонов в северной части Японского моря, за-



Сотрудники отдела океанографии (слева на право):
А. В. Савельев, Т. С. Моторыкина, Т. А. Перунова,
А. Г. Петров, Г. Ю. Харитонова, М. М. Асташкина,
В. А. Лучин. 2005 г.

ключающийся в распространении вынужденной барической волны, образованной циклонами, на которую налагаются ветровые колебания уровня.

Дальнейшими исследованиями П. Б. Фирсова [36] на базе методов взаимнокорреляционного и взаимно-спектрального анализов установлены впервые взаимосвязь и определены фазовые соотношения между непериодическими колебаниями уровня в различных пунктах северной части Японского моря. Обнаружено постоянство в пиках функции когерентности колебаний уровня между пунктами на масштабах синоптической изменчивости в 4–5 и 7–10 суток, что указывает на однородные причины формирования штормовых нагонов и носит прогностический характер. Впервые предложены уравнения для расчета и восстановления уровня моря в тех пунктах побережья, где отсутствуют наблюдения и необходимая гидрометеоинформация для расчетов. Упомянутые исследования позволили П. Б. Фирсову [37] разработать метод расчета экстремальных подъемов уровня на побережье в северной части Японского моря. При этом подробно рассмотрен вклад основных составляющих, таких, как штормовые нагоны, сейшеские колебания и приливы в формирование суммарных уровней. Предложены способы их расчета в штормовые периоды в рамках линейного приближения. Входными параметрами для расчетных схем являются значения фактического атмосферного давления в отклонениях от 1010 гПа, высоты ветровых волн и параметры предвычисленного прилива. Расчеты экстремальных подъемов на зависимом и независимом материалах показали удовлетворительные результаты.

А. В. Савельевым и П. Б. Фирсовым [38] на основе численного гидродинамического моделирования впервые исследован уровеньный режим в отдельных пунктах побережья залива Петра Великого в периоды выхода тайфунов 25–28 октября 1980 г. и 27–30 августа 1982 г. Численная аппроксимация модели выполнена по явно-нейвной схеме, так как шаг по пространству не зависит от шага по времени. По результатам вычислительных экспериментов построены номограммы для расчета и прогноза штормовых нагонов в зависимости от скорости и направления ветра. Влияние атмосферного давления на повышение уровня можно учесть при помощи поправки, рассчитываемой по закону “обратного барометра”.

Своего рода заключительную черту подводят П. Б. Фирсов и А. В. Савельев [39] в статье “О проблеме изученности и возможности предсказания экстремальных (опасных) подъемов уровня на побережье дальневосточных морей”, в которой представлен краткий обзор современного состояния изученности непериодических колебаний уровня в синоптическом диапазоне (1–20 суток) изменчивости на побережьях Японского, Охотского и Берингова морей, а также определены основные проблемы, требующие дальнейших исследований.

Как отмечают авторы, в прошедший период работы выполнялись в основном по трем направлениям:

- на основе статистического анализа данных наблюдений определялись режимные характеристики, изучались особенности развития экстремальных сгонно-нагонных явлений на различных участках побережий;

- на основе физико-статистических и вероятностных методов оценивалось влияние на колебания уровня моря метеорологических факторов (ветра и приземного атмосферного давления), исследовались возможные механизмы формирования штормовых нагонов при различных погодных и физико-географических условиях;

- на основе численных гидродинамических моделей теории мелкой воды изучалась эволюция колебаний уровня в неосвещенных наблюдениями участках побережья дальневосточных морей.

Проведенные исследования колебаний уровня моря и приливных явлений позволили значительно повысить планку их практического использования в деле усовершенствования ежегодно издаваемых таблиц приливов и течений, повысить точность предвычисления, расширить географию освещения морских акваторий, создать новые методы расчетов и прогнозов.

Волны цунами

Известно, что одним из многочисленных непериодических колебаний уровня моря являются так называемые длиннопериодные волны цунами, возникновение которых связано с сейсмической деятельностью, а выход их в прибрежную зону иногда сопровождается значительными разрушениями.

Особенно тяжелые катастрофические последствия у нас на Дальнем Востоке наблюдались после прохождения цунами, вызванным землетрясением 4 ноября 1952 г. С этого момента по существу и начались исследования этого явления в нашем институте. Группа изучения цунами была создана сначала в рамках отдела океанографических исследований, а с середины 70-х и до середины 90-х годов прошлого века она имела статус отдела.

В первых публикациях Л. Н. Иконниковой [40–42] предложен метод расчета цунами на побережье по ее высоте в эпицентре на основе теоретической работы И. К. Бровикова, а в бухтах — по эмпирической зависимости, полученной автором. Проведен подробный расчет высот цунами на тихоокеанском побережье Курильских островов и Камчатки для землетрясения 4 ноября 1952 г. и сделано сравнение с наблюдаемыми высотами. В последующих исследованиях ею рассмотрено изменение высот волн цунами при крайних значениях конечной глубины и дан анализ результатов расчета предельно больших волн цунами в Курило-Камчатской зоне. Обсуждены высоты волн цунами по районам побережья с оценкой их опасности.

В 70-х годах прошлого столетия исследованиями волн цунами плодотворно занималась Р. А. Ярошеня [43–50]. В [43] ею в результате анализа карт-схем рефракции цунами в зависимости от степени сложности рельефа и характера подхода волн цунами выделены пять районов на тихоокеанском побережье СССР. Для каждого из этих районов установлены общие и частные особенности подхода волн цунами. В [44] рассмотрены методы определения коэффициента рефракции. Рассчитаны коэффициенты рефракции при распространении цунами на континентальном склоне Курило-Камчатской впадины. По характеру распределения волновых лучей на 200-метровой изобате для важнейших населенных пунктов Курило-Камчатского побережья выделены районы, из которых возможен подход волн цунами к ним. Исследование волн цунами методом спектрального анализа в [45] показал, что спектральный анализ колебания уровня бухт при прохождении волн цунами позволяет выявить диапазон периодов колебания уровня бассейна. Характер спектров колебаний уровня зависит при этом от местной топографии дна — следовательно, береговые мареографы не могут записать “чистое” цунами. В [46] Р. А. Ярошеня показала, что расчет периода собственного колебания в открытом бассейне неправильной формы сводится к

расчету периода сейши в озере неправильной формы с учетом поправок на ширину и площадь сечения, а также с учетом поправочного устьевоего коэффициента. Продолжая эту работу, Р. А. Ярошеня [47] на примере залива Касатка провела экспертные оценки расчета периода собственных колебаний уровня различными аналитическими методами, показав, что рассчитанные величины периодов по методам Дефанта и Праудмена близки. Метод Дефанта дает удовлетворительные результаты при любой форме бассейна. Метод Праудмена при резком изменении ширины бухты дает завышенные значения периодов.

Ю. Д. Ковбасом и Р. А. Ярошеней [48] методом электрического моделирования, предложенного В. А. Макаровым и А. Б. Мензиным, исследовалась электромоделю залива Касатка на резонанс. Величины периодов, полученные на модели, сравнивались с натурными наблюдениями и результатами расчета по аналитическим формулам. В. Ф. Ивановым и Р. А. Ярошеней [49] изложен теоретический метод аналитического исследования плоских линейных волн цунами, с помощью которого определялось время добега и возвышения при распространении волн цунами до глубины 50 м. Максимально возможные вертикальные заплески рассчитывались на основе результатов лабораторных экспериментов. Рассчитанные величины заплесков сравнивались с наблюдениями. Одновременно с этой работой, М. В. Бабий и Р. А. Ярошеня [50] представили аналитико-численный метод для исследования коэффициента усиления и частоты свободных колебаний симметричных бухт и заливов. Для залива Касатка изложенным методом были получены периоды собственных колебаний и коэффициент усиления, представляющий собой отношение амплитуды волны в вершине залива к амплитуде набегающей из глубоководной области волны.

Своего рода завершающим этапом вышеупомянутых исследований цунами стало издание в 1978 г. «Атласа максимальных заплесков волн цунами» [51]. Авторы атласа: Л. В. Черкесов, В. В. Кныш, В. Ф. Иванов, Р. А. Ярошеня. Л. В. Черкесов на основе анализа результатов модельных исследований набегающих волн цунами на откос получил эмпирическую формулу для определения величины вертикального заплеска; осуществлял научное руководство всеми этапами работ над атласом. В. В. Кныш разработал алгоритм и составил программу расчета волн цунами с учетом нелинейности, установил область применимости линейной теории и выполнил расчеты деформации цунами при их движении в мелководной области (от глубин порядка 200 м до обрушения). В. Ф. Иванов получил аналитическое решение задачи о деформации линейной волны цунами и на основе этого решения выполнил расчеты изменения элементов волны цунами при ее движении в глубоководной области (от источника до глубины порядка 200 м). Р. А. Ярошеня построила рефракционные диаграммы для определения районов подхода волн цунами в зависимости от

положения источника цунами и рельефа дна, выделила зоны повышенной цунамиопасности, выполнила работу по составлению атласа, руководила обработкой материалов и оформлением. В обработке материалов и оформлении атласа принимали участие И. А. Жукова, Т. Д. Зозуля, Е. А. Капитонова, Е. Н. Каплун, Е. А. Минина, В. Н. Самошкина, Е. А. Скригленко, Л. М. Тутуева, А. И. Хохлова.

Атлас содержит оценки максимально возможного подъема воды в 60 пунктах тихоокеанского побережья Камчатки и Курильских островов и в 17 пунктах о. Сахалин в зависимости от энергии (магнитуды) и положения очага землетрясения. Как отмечает в предисловии член-корр. АН СССР С. Л. Соловьев, атлас может быть рекомендован к практическому использованию прежде всего в области районирования цунами. В оперативной службе предупреждения о цунами целесообразно его применение в основном при оценке опасности цунами для пунктов, расположенных непосредственно против очага землетрясения. Атлас может найти и другие применения, так как обобщенные в нем результаты исследований волн цунами представляют значительный научный интерес.

В последующие годы акцент в исследованиях цунами сместился в сторону изучения вторичных эффектов в атмосфере, связанных с процессом цунами, проведения натурных экспериментов по фиксированию гидрофизических параметров цунами, вторичных эффектов в открытом океане и создания автоматизированной системы наблюдения за цунами, а также разработки и уточнения методов моделирования и расчетов выхода цунами на берег. Решению этой проблемы посвящены ряд исследований М. Р. Гарбера с соавторами [52–55]. В частности, в [52] М. Р. Гарбером и Ю. А. Половинкой рассмотрены особенности распространения акустико-гравитационных волн в атмосфере, сопутствующих длиннопериодным волнам типа цунами. Приведены выражения для фазовых и групповых скоростей акустической и гравитационной ветвей колебаний, возбуждаемых, соответственно, релеевской волной или волной цунами. Показана связь между параметрами волн в атмосфере и волн цунами на поверхности океана. Обсуждаются вторичные эффекты в атмосфере, связанные с явлением цунами. В [53] М. Р. Гарбером



рассмотрена задача генерации длиннопериодных волн в океане динамическими барическими образованиями типа движущихся атмосферных фронтов или тайфунов, а также проанализированы показания донных гидростатических измерителей состояния поверхности океана в зависимости от поля динамического барического образования; получены выражения, определяющие параметры возникающих длиннопериодных волн типа цунами. В работе [54] им рассмотрены вопросы распространения и возбуждения длиннопериодных волн в различных средах подводными землетрясениями. Разработана трехслойная модель, описывающая волновые процессы в грунте, океане и атмосфере с учетом их стратификации. Показана совместимость построенной модели с существующей двуслойной моделью и теорией акустических и акусто-гравитационных волн в атмосфере. В статье "Распространение волн цунами в мелководной зоне и выход их на берег" Ю. Д. Ковбас, М. Р. Гарбер, С. И. Майоров [55] представили обзорный материал по существующим методам моделирования и расчетов выхода цунами на берег. Разработали двухмерную расчетную схему и составили программу, позволяющую численно рассчитывать расположение волн цунами в мелководной зоне и выход их на берег.

И. Е. Кочергиным с соавторами [56, 57] рассмотрена эволюция краевых волн вдали от источника. Для параметризированной модели прибрежного волновода определены характерные типы дисперсионной связи краевых волн. Обобщены выражения для оценки параметров краевых волн в моделях прибрежной топографии с наличием и без фазы Эйри. С использованием модели "шельф-ступенька" построена таблица оценок групповой скорости и периодов краевых волн в области фазы Эйри для различных районов дальневосточного побережья. Рассмотрены также особенности нелинейно-дисперсионной трансформации цунами при распространении от области больших глубин до мелководья. Нелинейность и дисперсия учитывались в рамках уравнения, которое решалось численно конечно-разностными

методами. Для моделей рельефа с двумя характерными масштабами глубин выделено пять элементарных типов проявления нелинейно-дисперсионной эволюции. Определена зависимость коэффициентов усиления при движении волны к берегу для различных соотношений параметров нелинейности и дисперсии в начальной волне. Рассчитана трансформация цуга для модели рельефа участка Приморского края.

В 1970–1980-х годах предпринимались попытки организовать прямые измерения гидрофизических параметров цунами в достаточно удаленных районах открытого океана с целью увеличить заблаговременность предупреждения цунами. Но до внедрения дело не дошло по техническим причинам и из-за больших финансовых затрат, которые необходимы для выполнения этого проекта, а также недоработок в организации этих работ между различными ведомствами. Созданные же контуры системы наблюдения и оповещения явления цунами были переданы для дальнейшего развития и оперативного использования в местные УГМС (Камчатское, Сахалинское, Приморское).

Отдел цунами в институте в период перестройки был сокращен. Оставшиеся несколько специалистов трудятся в других отделах института и решают некоторые вопросы административного, методического и научного характера.

Прогноз ледовых условий на дальневосточных морях

Дальневосточные моря характеризуются относительно суровыми ледовыми условиями. Поэтому со дня образования ДВНИГМИ в круг задач института входило исследование ледовых условий на дальневосточных морях, разработка ледовых прогнозов, оперативное обеспечение морского транспорта, рыбной промышленности и других отраслей хозяйственной деятельности.

Уже в 1951 г. отдел океанографии ДВНИГМИ впервые на Дальнем Востоке стал выполнять ледовые авиаразведки в заливе Петра Великого, Амурском лимане и Охотском море, став по существу центром ледовых исследований. Во второй половине 50-х годов прошлого столетия сложилась система авиаледовых исследований, в результате чего ежегодно на специально оборудованных самолетах полярной авиации производился облет всех ледовых районов Японского, Охотского и Берингова морей в течение всего ледового периода. Расширилась сеть регулярных береговых ледовых наблюдений, а также наблюдений во время ледово-транспортных операций. Большая заслуга в этом принадлежит директору института П. А. Урываеву и непосредственным организаторам и исполнителям работ — сотрудникам отдела океанографии Л. К. Конопкину, Г. С. Хлоеву, Н. И. Радаеву, А. П. Закаблукскому, Р. Р. Белевичу, Л. А. Круглову, В. Н. Яковлеву и др.

Научная разработка всех ледовых данных проводилась главным образом в направлении выявления основных закономерностей динамики ледовых образований и ледовых прогнозов. Уже в 1954 г. Г. А. Столяровой был составлен "Ледовый атлас Японского моря", а в самом начале 60-х годов прошлого столетия ею рассмотрены вопросы развития ледяного покрова и расчета начала ледообразования в открытых районах Татарского пролива с учетом гидрологического режима как фактора охлаждения водных масс, развития замерзания и крошки льда. В это же время Е. Н. Нелепов предложил прием расчета изменения густоты плавучих льдов на 1–3 дня по полю ветра. Годом позже Г. А. Сто-



*Льды дальневосточных морей.
Берингово море, февраль 1973 г.*

ляровой [58] рассмотрен вопрос о возможности прогноза ледовитости Татарского пролива на основе осенних аномалий температуры воздуха и атмосферной циркуляции. Найдены значимые связи и приведены уравнения для предсказания ледовитости и положения кромки с достаточно большой заблаговременностью.

В 1964 г. Г. М. Бирюлин в соавторстве с Л. П. Якуниным и Ю. П. Заверниным представили к обсуждению расчеты дрейфа ледовых кромок и вопрос о фоновых ледовых прогнозах Охотского моря. В первом случае они рассмотрели условия перемещения кромок льда в Охотском море при одинаковых градиентах давления и предложили графические связи для определения скорости дрейфа льда в январе, феврале и марте, а во втором случае представили сравнительные характеристики ледовитости последних пяти зим и оценки инерционности периода охлаждения рассмотренного периода. Исследовали связь атмосферных процессов с развитием ледяного покрова и связь типов атмосферной циркуляции с ледовитостью. Одновременно Л. А. Поповой [59] представлены к обсуждению разработанные прогностические зависимости устойчивого появления льда в мелководных районах материкового побережья Японского моря (б. Постовая, б. Находка, п. Иннокентьевка). В 1970 г. Г. М. Бирюлин [60], продолжая работу по прогностической тематике ледовых условий, обратил внимание на то, что ледовитости Охотского и Берингова морей в экстремальные годы находятся в противофазах и объяснил это тепловым состоянием вод Охотского моря в предзимье и особенностями в связи с этим атмосферной циркуляции.

Г. А. Столярова занималась вопросом возможности прогнозирования аномалий осенних и весенних ледовых фаз в Амурском лимане. В результате разработаны достаточно эффективные прогностические зависимости с использованием индексов атмосферной циркуляции А. Л. Каца. В дальнейшем, вплоть до 1977 г., Г. А. Столярова [61–64] исследовала влияние океанографических и синоптических факторов на формирование ледовитости Татарского пролива и занималась разработкой методов прогноза ледовитости. Так, в [61] ею приведены результаты анализа влияния сумм градусо-дней мороза на ледовитость отдельных декад декабря и января. Прослежена межгодовая изменчивость характеристик температурных условий и ледовитости для 21 зимы. Установлено, что для 24% зим характеристики температурных условий не определяли аномалии ледовитости пролива. Полагая, что ледовитость зависит не только от суммы градусо-дней мороза, ею [62] были рассчитаны потоки воды и тепла на разрезе мыс Золотой — мыс Слепиковского в октябре 1962, 1966–1970 гг. Раздельный анализ потоков цусимских и приморских вод на разрезе показал их сопряженность, большую межгодовую изменчивость и значительное влияние на ледовитость последующей зимы. Повышенной ледовитости в январе-марте предшествовали интенсивные переносы воды и тепла в октябре и, напротив, малой ледовитости — слабые переносы. Одновременно Г. А. Столяровой [63] приведены результаты испытания метода расчета сплоченности льда Д. А. Дрогайцева применительно к Татарскому проливу. Результаты представлены в виде кривых обеспеченностей, построенных по



Ледяные иглы (начальные формы льда)

данном 23 квадратов, площадью 30'x30'. Областью наиболее успешных расчетов (обеспеченностью 75% и выше) явилась северо-западная часть рассматриваемой акватории Татарского пролива, удаленная от кромки плавучих льдов и поэтому слабо подверженная влиянию внутриводной адвекции. Изучала Г. А. Столярова [64] и влияние атмосферной циркуляции на ледовитость Татарского пролива с выходом на прогноз. В качестве исходного материала ею использованы наблюдения за 1950–1974 гг. Рассмотрены результаты статистической оценки влияния на ледовитость индексов Н. А. Белинского, коэффициентов разложения аномалий приземного давления по ортогональным полиномам Чебышева, а также температуры воздуха. Приведены две группы уравнений, позволяющих предвычислять среднюю месячную и декадную ледовитость. Занимаясь перечисленными исследованиями, Г. А. Столярова досконально изучила режимные характеристики изменчивости ледовитости Татарского пролива. Ею отмечена большая внутрисезонная и межгодовая изменчивость ледовитости. Произведена классификация зим по развитию ледяного покрова на пять типов. Обнаружена периодичность средней за зиму ледовитости и устойчивая тенденция к ее уменьшению от 50-х к 70-м гг. прошлого столетия. Исследованы особенности формирования зоны тяжелых льдов и изменчивости их в различные типы зим. Рассмотрено влияние индексов атмосферной циркуляции на положение южной границы зоны тяжелых льдов для трех групп меридианов. Даны уравнения для предвычисления месячного положения южной границы тяжелых льдов в январе — феврале.

Одновременно Т. И. Супранович представлены результаты влияния осенней адвекции тепла через проливы Лаперуза и Курильские на ледовитость Охотского моря. На основе косвенных показателей адвекции — температуры воды на ГМС Крильон, Южно-Курильск и Матуа получены уравнения для расчета с большой заблаговременностью месячной ледовитости Охотского моря в январе и марте.

В 70-х гг. прошлого столетия океанологи ДВНИГМИ большое внимание уделяли изучению условий плавания во льдах транспортного и ледокольного флота. Так, Л. П. Якунин в 1970 г. дал описание зимних навигаций в Охотском море и условий проходимости ледовых образований мощными ледоколами. Анализ сделан в зависимости от путей движения судов, сжатий, торосистости и толщины льдов. Одновременно Л. А. Попова изучила режим, характеристики льда и условия плавания в период навигации во льдах Анадырского залива. Несколько позже Л. П. Якунин представил аналогичное описание зимних генеральных маршрутов плавания в основные порты Берингова моря, а в соавторстве с В. М. Чермных проанализировал особенности навигации в проливе Лаперуза в зимний и весенний периоды в суровые, умеренные и мягкие зимы. Даны рекомендации маршрутов плавания и графики зависимости технической скорости движения караванов от толщины льда в характерных ледовых ситуациях. В качестве возможного проекта не обошли они своим вниманием и условия зимнего плавания подводных транспортных судов в Охотском море, указав на более высокую экономическую эффективность подводных транспортных судов при плавании в Магадан в суровые зимы.



Ледяные “цветы” (последующие формы образования льда)



**Л. П. Якунин на ледоколе "Ленинград".
Сахалинский залив, май 1966 г.**

Учитывая большую рыбопромысловую значимость дальневосточных морей во все сезоны года, Л. П. Якунин и В. М. Чермных [65] на основании натурных наблюдений представили графические связи, позволяющие выбрать оптимальную скорость движения СРТМ в мелкобитых льдах прикромочной зоны. К данному типу работ можно отнести исследование Е. И. Ластовецкого и Л. П. Якунина по оценке приливных сжатий льда при плавании проливом Лаперуза, в котором рассмотрена природа приливных сжатий льда, дана рекомендация для прогностической оценки возможных сжатий льда с помощью ежегодно издаваемых календарных таблиц приливов и приливных течений.

Наряду с упомянутыми вопросами Л. П. Якунин занимался отдельными специализированными вопросами ледоведения. Так, в частности, им [66] рассмотрено влияние стока р. Амур на ледообразование в Амурском лимане; систематизированы авиационные наблюдения над снежным покровом на дальневосточных морях [67] и построены карты распределения снега на льду; совместно с Л. Л. Вдовиченко [68] рассмотрено воздействие льда на гидротехнические сооружения порта Анадырь.

В 1973–1977 гг. под руководством и личным участием Г. М. Бирюлина, Л. П. Якунина, А. П. Петровой и А. И. Хомайко составлены Атласы льдов дальневосточных морей, содержащие полный набор режимных характеристик ледовых условий и удостоенные ведомственной премии им. Ю. М. Шокальского.

В 1979 г. Л. П. Якуниным в [69] были изложены основные этапы исследований ледяного покрова за прошедший период, показан современный подход к решению основных проблем ледоведения и намечены пути дальнейшего изучения ледовых условий на морях Дальнего Востока.

С начала 80-х гг. по инициативе В. В. Плотникова и Л. П. Якунина начато интенсивное использование физико-статистической модели для прогноза ледовых условий на дальневосточных морях. Ими [70] исследована возможность применения физико-статистической схемы прогноза декадной площади зоны тяжелого льда в Охотском море. Дан опытный прогноз на 1975–1976 гг. и сделан вывод о возможности применения этого метода для прогноза площади зоны тяжелого льда в Японском море с месячной заблаговременностью. В работе [71] исследована возможность физико-статистического прогноза ледовитости Охотского моря, заданной коэф-

фициентами разложения исходного ряда по е. о. ф. Методом корреляционного анализа выявлены зоны максимального влияния гидрометеорологических факторов на ледовые условия Охотского моря. Составлена физико-статистическая модель прогноза, сделан вывод, что предлагаемая методика в отличие от декадных или месячных прогнозов более предпочтительна, так как с ее помощью уже в октябре — ноябре прогнозируется ледовитость на весь ледовый период.

Продолжая дальнейшее внедрение этого метода В. В. Плотников в соавторстве с П. Б. Фирсовым [72] предложил прогноз смещения кромки льда в северной части Охотского моря. Метод основан на многоступенчатой схеме преобразования и отбора исходной гидрометеорологической информации. Приведены результаты расчета смещения кромки льда и сделан вывод о перспективности метода.

Параллельно в этом плане велись исследования И. Е. Фроловым и А. Г. Петровым [73]. Ими предложена численная модель осенне-зимних ледовых явлений. Моделирование ледовых процессов показало, что при условии задания репрезентативной информации предложенную схему расчета можно использовать для численного расчета параметров льда и анализа осенне-зимних процессов в Охотском море.

В. В. Плотниковым [74] проведены исследования возможности физико-статистического прогноза полей сплошности, возраста и форм льда в Охотском море. Процедура прогноза при этом представляет ряд операций последовательного преобразования и отбора наиболее информативных признаков будущего распределения ледовых характеристик. Конечным результатом этих операций стало построение прогностического оператора и прогноз. Приведены результаты опытных испытаний и сделан вывод о преимуществе предлагаемого метода по сравнению с традиционными (инерционным, климатологическим). Намечены пути дальнейшего совершенствования физико-статистической схемы.

В 1984 г. В. В. Плотниковым опубликована работа [75], в которой исследован комплекс возможных предикторов при прогнозе полей ледовых элементов в Охотском море. В качестве предикторов и предиктантов использованы коэффициенты разложения исходных полей по эмпирическим ортогональным функциям. На



**Сброс вымпела с картой ледовой
обстановки на судно**

основе данных о повторяемости значимых связей и уровне влияния различных количественных показателей гидрометеорологических полей на эволюцию ледовых характеристик в Охотском море также приведена оценка устойчивости полученных прогностических связей.

На основе численных оценок В. В. Плотниковым [76] в 1987 г. исследован ряд вопросов о сопоставимости статистических характеристик полей сплоченности льда в Охотском море, рассматриваемых в системе вложенных областей. Поля представлены в виде ряда разложения по эмпирическим ортогональным функциям. Показано, что сходство одноименных составляющих более значимо, если на границах вложенных областей изменчивость ледовых характеристик минимальна.

В этом же году В. В. Плотниковым и В. А. Лучиным [77] представлен анализ матрицы корреляционных связей между температурой воды, заданной по станциям Охотского моря, и ледовыми параметрами. Проанализированы некоторые особенности распределения областей значимых связей и дана физическая интерпретация основных характеристик этого распределения.

Интересное исследование провел В. В. Плотников [78] по оценке пространственно-временной сопряженности ледовых условий на дальневосточных морях. На основе 24-летнего ряда наблюдений за ледовитостью по акваториям дальневосточных морей проанализирован комплекс показателей сопряженности пространственно-временной структуры ледовых условий на этих морях. Сделан вывод о значительной связности ледовых процессов во всем дальневосточном регионе, что вызывает необходимость выработки единой методической основы для анализа и последующего прогноза ледовых условий на морях Дальнего Востока.

В 1990 г. В. В. Плотниковым опубликованы две работы "Вероятностное моделирование эволюции ледовитости Охотского и Берингова морей" [79] и "Сезонная и межгодовая изменчивость ледовитости дальневосточных морей" [80]. В первой проведены исследования возможности вероятностного прогноза ледовитости дальневосточных морей. Представлены и реализованы некоторые одномерные модели вероятностного прогноза ледовитости Охотского и Берингова морей, практическая реализация которых дала обнадеживающие результаты, могущие уже сразу после опубликования служить ценным пособием при выдаче рекомендаций об ожидаемых ледовых условиях с заблаговременностью один месяц. Отмечено, что направленная селекция одномерных вероятностных моделей и последующее их объединение в дальнейшем может служить основой для создания многомерной схемы прогноза более высокого уровня. Во второй работе исследованы особенности формирования сезонных и межгодовых колебаний ледовитости морей Дальнего Востока (Японского, Охотского, Берингова), которые указали на значительную изменчивость пространственно-временной структуры ледовитости дальневосточных морей. Приведены статистические характеристики сезонной изменчивости (9–12 декад) и многолетних: 2–3, 7–8, 11 и 22 летние цикличности, а также рассмотрены причины этих периодичностей.

Одновременно Л. П. Якунин [81] представил на обсуждение проблему



В. В. Плотников. Выступление на конференции. 2000 г.

правильного учета потоков тепла в прикромочной зоне в атмосферу и из глубин моря к поверхности воды на формирование ледовых условий и прикромочной зоны.

В конце 90-х годов прошлого столетия вышли из печати несколько работ А. Г. Петрова [82–85], которые касались вопросов синоптических условий обледенения судов на акваториях дальневосточных морей [82], характеристики обледенения судов в Японском море [83], районирования Татарского пролива по характеру формирования ледяного покрова в суровые по ледовым условиям годы [84] и ледопродуктивности акватории Татарского пролива и связанного с ней осолонения вод в холодный период года [85].

К сожалению, в настоящее время целенаправленные ледовые исследования в институте в значительной степени сокращены, хотя упомянутые выше изданные режимно-справочные пособия и прогностические разработки нашли своих благодарных потребителей, а архивные материалы первичных ледовых наблюдений, частично систематизированные и обобщенные, ждут



После очередного полета

новых исследователей.

Гидрологический режим вод дальневосточных морей

В начальный период становления и развития ДВНИГМИ сотрудники океанографических подразделений кроме разработок справочного характера вели изучение режима дальневосточных морей в целом и отдельных их акваторий.

Охотское море. Уже в начале 50-х годов Г. М. Бирюлин занимался изучением гидрологического режима вод, омывающих Южный Сахалин, Л. К. Конопкин — изучением гидрологического режима вод северо-западной части Охотского моря и составлением гидрометеорологической характеристики Шантарского района. В конце 1950-х — начале 1960-х годов важные и интересные в научно-прикладном плане исследования колебаний температурного режима и прогноз аномалий температуры воды по юго-западному побережью Сахалина и заливам Анива и Терпения провела Л. Е. Веселова.

Несколько позже (1972 г.) по данным массива океанографических наблюдений за 1937–1966 гг. Л. Е. Веселовой [86] приведены характерные особенности многолетнего распределения температуры воды на поверхности Охотского моря в теплую и холодную половины года. В [87] для оценки интенсивности процессов вертикального турбулентного теплообмена в Охотском море ею был использован метод расчета коэффициента турбулентной теплопроводности, основанный на принципе распространения и затухания тепловых волн по вертикали, который предложил в 1915 г. В. Шмидт. В основу расчета положены средние месячные многолетние значения температуры воды глубоководных наблюдений, отнесенных к центрам квадратов $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ на мелководье и $1^\circ \times 1^\circ$ в открытых районах. Сделан вывод о применимости метода для оценки интенсивности турбулентного теплообмена и районирования моря.

Этим работам предшествовали исследования Т. И. Супранович (1970 г.), в которых по данным экспедиционных и береговых наблюдений рассмотрен приток тепла в Охотское море по сезонам через проливы, а в 1973 г. этот цикл работ она закончила монографией, в которой на основе обобщения материалов за 1932–1971 гг. рассмотрела особенности формирования и пространствен-

ное распределение водных масс в Курильских проливах и прилегающих районах Охотского моря и Тихого океана для различных сезонов. Исследованы также процессы приливного перемешивания и воздействие их на гидрологические условия. Представлены сезонные карты пространственного распределения температуры и солёности воды, скорости звука на горизонтах от поверхности до дна.

Одновременно Е. Н. Нелепов [88] подробно рассмотрел атмосферные осадки над Охотским морем. Им рассчитано распределение годовых сумм атмосферных осадков, выпадающих на акватории Охотского моря, по формуле Н. А. Белинского, исходящей из статистической зависимости количества осадков от дефицита влажности и упругости насыщения. Вычисление дефицита влажности сделано по средним значениям абсолютной влажности, облачности и интенсивности атмосферной циркуляции. Установлено, что максимум осадков (до 1000 мм в год) наблюдается в южных районах моря. Минимум отмечается в заливе Шелихова, в Гижигинской и Пенжинской губах. В центральных районах моря выпадает 400–500 мм в год.

Оценку элементов теплового баланса Охотского моря с учетом ледяного покрова представил на обсуждение Л. П. Якунин [89]. Им также на основе расчета элементов теплового баланса рассмотрены потоки тепла через поверхность моря и сделана оценка отепляющей роли проливов в весенний период.

В 1974 г. Г. А. Цапко [90] рассмотрена роль речного стока в формировании особенностей распределения температуры и солёности вод в одном из наиболее сложных и изменчивых в термодинамическом отношении районе Охотского моря — устьевом взморье Амура. Представлен анализ годового хода температуры и солёности воды по отдельным участкам, показано изменение площади распространения по акватории вод различной солёности в зависимости от расходов воды и рассмотрен вопрос о степени влияния теплового стока Амура на формирование температурного и солёностного режима на устьевом взморье. Несколько позже (1977 г.) Г. А. Цапко и Л. П. Якуниным исследованы особенности пространственно-временной изменчивости температуры и солёности воды на устьевом взморье по результатам наблюдений за 1968–1970 гг., проанализирована суточная изменчивость положения зон гидрологических фронтов.

В работе [91] Л. Е. Веселова продолжила исследование особенностей годового хода температуры воды на поверхности южной части Охотского моря, где по данным наблюдений береговых и островных станций рассмотрена многолетняя и сезонная изменчивость температуры воды. Произведены расчеты составляющих теплового баланса и проанализировано их влияние на изменчивость годового хода температуры воды. Следующей ее большой и серьезной работой были исследования временной изменчивости вертикальной устойчивости водных масс Охотского моря. По наблюдениям экспедиций за 1952–1965 гг. Л. Е. Веселова представила результаты исследований суточной и сезонной изменчивости водных масс. Показала факторы, обуславливающие суточную изменчивость устойчивости в поверхностных водах, в слое скачка и на больших глубинах, рассмотрела сезонную изменчи-



Встреча коллег. В.А. Головастов, А. Л. Островский, В. Г. Яричин

вость устойчивости при различных термических стратификациях вод.

По результатам наблюдений на 4-х стандартных океанографических разрезах с 1949 по 1973 г. А. С. Перегудиным [92] излагаются результаты исследований пространственно-временной изменчивости переносов вод и тепла в деятельном слое Охотского моря. Приведены схемы средних суммарных переносов вод и тепла в деятельном слое 0–200 м. Установлено, что в центральной части моря переносы вод и тепла возрастают от лета к осени и имеют значительную межгодовую изменчивость, основной перенос тепла осуществляется в слое 0–100 м. Дополняют эту работу анализ переносов воды и тепла из Охотского моря и в него через проливы Четвертый Курильский и Крузенштерна, выполненные по данным океанографических наблюдений В. В. Покудовым и Ю. В. Любичким, а также выполненные ими исследования особенностей гидрологического режима и водообмена Охотского моря с Тихим океаном через все Курильские проливы.

Подводят своего рода итог исследованиям термического состояния и водотеплообмена Охотского моря Т. И. Супранович и В. В. Покудов в 1979 г. в монографии «Влияние водо- и теплообмена Камчатского и Курильских проливов на структуру вод прилегающей части океана и смежных морей».

В 1989 г. А. Г. Петров в статье «Некоторые особенности распространения холодного промежуточного слоя в Охотском море» [93] представил результаты анализа и характеристики холодного промежуточного слоя, его связь с динамикой вод и ледовыми процессами, а также провел сравнение с предыдущими исследованиями.

В. А. Лучин и Т. С. Моторыкина [94, 95] по данным глубоководных гидрологических наблюдений за длительный период (1930–1987 гг.) и береговых ГМС осуществили анализ годового хода температуры воды с целью более конкретного и обоснованного выделения гидрологических сезонов.

Следующим важнейшим элементом динамического состояния морских вод являются непериодические течения. Естественно, что исследование их всегда представляло собой приоритетную научно-прикладную задачу. Одним из первых таких исследований можно назвать работу, выполненную в 1970 г. Н. П. Помазановой [96], «Поверхностные течения в северных и восточных промысловых районах Охотского моря в летние месяцы», в которой изложены результаты исследований горизонтальной геострофической циркуляции вод в поверхностном слое в относительно мелководных северных и восточных промысловых районах Охотского моря (включая залив Шелихова) с июля по сентябрь. Показаны особенности циркуляции, построена карта постоянных течений в слое 0–10 м за период май–сентябрь, которая дает представление о среднем горизонтальном переносе вод в теплый сезон. Использованы также инструментальные измерения течений на 430 суточных станциях за 1949–1965 гг.

Естественным продолжением этой работы стало исследование вертикальных движений вод в Охотском море летом, результаты которого опубликованы Н. П. Помазановой [97] в 1974 г. Показано, что летом в северной и восточной частях Охотского моря существуют интенсивные восходящие и нисходящие движения вод, обусловленные горизонтальной циркуляцией вод и топографией дна. Приведенные расчетные данные и их анализ указывают, что наибольшие их величины наблюдается в июле. Области вертикальных движений в восточной части моря представлены в виде полос,

ориентированных параллельно берегам и изобатам. Полученные схемы вертикальных движений хорошо согласуются с распределением температуры воды, солёности, течениями и соответствующими биологическими показателями.

В 1980 г. В. Д. Будаева, В. Г. Макаров, И. Ю. Мельникова [98] в рамках диагностической модели исследовали весеннюю, летнюю и осеннюю циркуляцию вод в заливе Анива и проливе Лаперуза. Рассмотрели влияние прямого действия ветра, эффекта бароклинности и расходов воды через пролив Лаперуза на формирование циркуляции. Показали сезонную изменчивость течений.

В 1982 г. В. А. Лучиным [99] с помощью линейной диагностической модели А. С. Саркисяна и на базе реального распределения плотности по данным экспедиционных океанографических наблюдений за 1937–1970 гг. рассчитаны течения Охотского моря для летнего периода. Полученная схема циркуляции вод сравнивается со схемами других авторов и имеющимися инструментальными данными. При последующих расчетах течений с использованием диагностической модели [100] определено воздействие водообмена через Курильские проливы, исследована пространственно-временная изменчивость течений с июня по ноябрь, отмечено в отличие от других известных работ наличие в центральной части моря чередующихся круговоротов различного знака.

Обработав и проанализировав данные экспедиционных океанографических наблюдений на НИС «Профессор Хромов» в прикурильском районе Охотского моря в декабре 1983 г., В. А. Меновщиков и В. Г. Яричин [101] на основе динамического метода составили схему течений для декабря месяца, на основе ТС-анализа установили статистические характеристики водных масс исследуемого района. Была выделена зона дивергенции на расстоянии 20–40 миль от Курильских островов.

Важной характеристикой динамического состояния моря является ветровое волнение, представляющее, к тому же, большой практический интерес. Т. И. Супранович и Н. Г. Алисимчик [102] по расчетным данным в соответствии с выделенными типовыми полями ветра проанализировали максимальные высоты волн по акватории Охотского моря. Ими установлено, что максимальных значений ветровые волны достигают в осенне-зимний период (22–23 м) в северной части моря, прилегающей к Тауйской губе. Самым спокойным месяцем года является июнь, но даже в этом месяце максимальные высоты волн могут достигать здесь 13–14 м. В качестве конкретного примера они изучили ветровые характеристики при прохождении шторма 10–12 ноября 1969 г. [103]. В результате анализа установлено, что синоптическая ситуация и характеристики циклона могли создать условия для возникновения волны высотой 23 м в северо-западной части моря в районе ГМС Охотска и Ушки. В [104] Н. Г. Алисимчик обращено также внимание на влияние ледовитости моря на развитие экстремальных значений высот волн при различных типах зим и ветровых потоков.

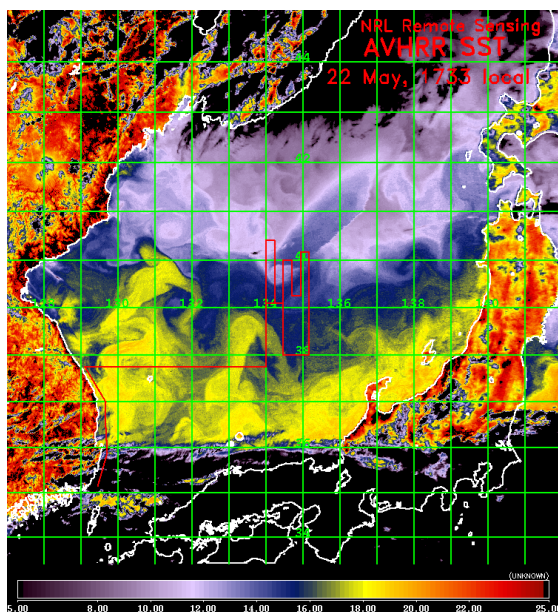
Некоторые вопросы химии вод Охотского моря в 1972 г. рассмотрела Т. И. Супранович [105, 106]. В этих работах представлен анализ содержания растворенного кислорода и распределение pH в проливах Буссоль и Фриза в зимнее время, указано на существенное влияние перемешивания и динамики вод. В. Г. Яричин и Т. С. Моторыкина в 1987 г. [107] представили основные этапы изучения гидрохимии вод Охотского моря. а

полный гидрохимический анализ на сегодняшний день и экологические проблемы представлены в справочно-монографическом пособии “Гидрометеорология и гидрохимия морей”. Том IX. Охотское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. [4] который можно рассматривать как продолжение выпуска 1 справочно-монографического пособия [3], где содержались обобщенные сведения об гидрометеорологических условиях в Охотском море.

Японское море. Как уже отмечалось выше, первым капитальным трудом по Японскому морю, выполненным в стенах ДВНИГМИ под руководством А. М. Баталина, был “Гидрологический справочник Японского моря” (1956 г.). В это же время А. М. Баталин провел серьезные исследования, посвященные общей изученности цвета и прозрачности вод Японского моря, их среднегодового и сезонного распределения и годового хода в связи с причинами, их обуславливающими.

В начале 60-х годов прошлого столетия вышло из печати режимно-справочное пособие — “Гидрометеорологический очерк Амурского и Уссурийского заливов” (в главе 2 [24]). Здесь же укажем, что в данной работе представлена подробная режимная характеристика температуры, солёности, плотности и гидрохимии вод, а также колебаний уровня, течений и ледовых условий в заливах.

В 1970 г. Г. М. Бирюлин, М. Г. Бирюлина, Л. В. Микулич, Л. П. Якунин [108] с помощью гидрологических и биологических индикаторов в водной массе Приморского течения в пределах залива Петра Великого выделили три модифицированных подтипа: эстуарные воды, подповерхностные воды, а также уточнили границы распространения глубинной водной массы в акватории залива Петра Великого. Закончили этот цикл работ Т. И. Супранович и Л. П. Якунин изданием в 1976 г. монографии “Гидрология залива Петра Великого”, в которой обобщены все имевшиеся наблюдения за 1957–1971 гг. по океанографии, гидрохимии, льдам и химическому загрязнению.



**Структура температуры воды
на поверхности Японского моря
(снимок из космоса)**

В. В. Покудовым [109] в 1975 г. на основании наблюдений на разрезе через Корейский пролив с 1965 по 1970 г. представлено исследование многолетней изменчивости баланса переносов воды и тепла в летнее время. Определено, что во все годы балансы переносов воды и тепла положительны (воды и тепла поступает в море больше, чем уходит). Выявлена закономерность, что с уменьшением водного баланса увеличивается тепловой, и наоборот. Одновременно В. В. Покудовым [110] исследована внутригодовая и межгодовая изменчивость температуры прибрежных вод Японии. Выявлены количественные оценки изменчивости температуры воды за счет адвекции тепла Цусимским течением и закономерности пространственных изменений годовых амплитуд. Чуть позднее, В. В. Покудовым, А. Н. Манько и А. Н. Хлусовым [111] по материалам трех океанографических съемок, выполненных в 1974–1975 гг., выявлены основные закономерности горизонтального и вертикального распределения температуры и солёности вод Японского моря в начале и конце зимнего периода. Показаны положения и смещения гидрологических фронтов. Исследована геострофическая циркуляция вод. И, наконец, на основании данных о среднемесячных температурах воды на береговых ГМС Приморья и Сахалина за время от начала наблюдений по 1975 г. включительно В. В. Покудовым и Н. А. Власовым [112] проанализированы средние годовые за каждый год и средние месячные многолетние температуры воды по всем станциям. Выделены три группы станций, имеющих общие черты в температурном режиме, на Приморском побережье и две группы станций на о. Сахалин. Общность температурного режима на них определяется циркуляцией вод Японского моря. Вычисленные коэффициенты корреляции средних годовых температур между некоторыми станциями достигают 0.90–0.96 внутри групп. Получены уравнения связи между станциями.

Основополагающей базой ряда гидробиологических исследований Дальневосточного морского заповедника стала работа Е. И. Ластовецкого и Л. П. Якунина [113] “Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного государственного морского заповедника”, освещающая основные особенности гидрометеорологического режима акватории первого в стране морского заповедника.

Исследованием сезонных изменений температуры и солёности в деятельном слое вод Японского моря занимались В. А. Лучин и А. Н. Манько [114] на базе данных глубоководных океанографических наблюдений (около 140 тыс. станций за период 1900–1999 гг.). Ими рассмотрены параметры деятельного слоя вод (нижняя граница, сезонные изменения температуры и солёности), а также сезонные вариации верхнего квазиоднородного слоя (нижней границы, температуры, солёности и их стандартных отклонений). Сделан вывод о том, что сезонные колебания температуры воды статистически незначимы на глубинах ниже 500 м, а солёности - начиная с горизонтов 200–250 м. Данные океанографических наблюдений свидетельствуют, что верхний квазиоднородный слой в осенне-зимнее время ограничен горизонтами 1000–1100 м.

Откликами явлений Эль-Ниньо в Японском море занимался А. В. Савельев [115]. Им рассмотрена телеконнекция между процессами, происходящими в атмосфере тропической зоны Тихого океана и термическими характеристиками поверхностных вод Японского моря. По данным 12 станций побережья России и Южной Кореи установлено влияние одной из фаз Южного Коле-

бания — Эль-Ниньо на флуктуации температуры воздуха и воды. Выявлено, что в годы Эль-Ниньо в 75% случаев наблюдаются отрицательные аномалии указанных характеристик. Запаздывание проявления сигнала Эль-Ниньо в районе Японского моря составляет в среднем 5–6 месяцев. Предлагается возможный механизм, объясняющий отклик явления Эль-Ниньо в Японском море.

Исследованиями М. А. Данченкова, Д. Г. Обри, В. Б. Лобанова [116] в северо-западной части Японского моря в зимнее время (1995–1999 гг.) обнаружено распространение теплой и соленой воды от меандра Цусимского течения на запад. Соленость в ядре этого потока уменьшается с востока на запад от 34.15‰ до 34.06‰ , а температура — от 2.5 °C до 0.5 °C . Это явление, с их точки зрения, объясняет отсутствие в северо-западной части Японского моря летом холодного подповерхностного слоя и образование глубинной воды на северо-западном термическом фронте.

Формированию промежуточных вод с высокой соленостью в Японском море посвящены исследования В. А. Лучина, П. Я. Тищенко и Л. Д. Тэлли [117]. Работа основана на материалах двух международных экспедиций на НИС “R. Revelle” и НИС “Профессор Хромов”, выполненных в июне — августе 1999 г., а также на историческом массиве данных (около 140 тыс. станций). В данной работе рассмотрен один из возможных механизмов формирования промежуточных вод с повышенной соленостью, базирующийся на процессах вертикального и бокового перемешивания двух типов вод, которые находятся в верхних слоях Японского моря — цусимской (теплой и соленой) и северной, северо-западной (холодной и пресной). Основным районом формирования этих вод является акватория к западу и северо-западу от Сангарского пролива. Второй район, располагающийся к югу от залива Петра Великого, формируется под воздействием нескольких процессов: адвективного перемешивания вод из первого района формирования промежуточных вод, смешения образовавшихся промежуточных вод с повышенной соленостью и холодных распресненных присклоновых вод, а также вертикального смешения вод в постоянно действующих здесь вихревых образованиях.

Не остался без внимания такой важный элемент океанографической характеристики бассейна как течения. На основании данных 233 океанографических станций, выполненных во второй половине марта 1974 г. в Японском море, В. В. Покудов и В. П. Тунеголовец [118] рассчитали геострофическую циркуляцию вод. Ими было показано, что циркуляция вод для зимнего сезона во многом сходна с летней. Авторы сделали вывод о решающей роли рельефа дна в формировании структуры течений и привели величины расходов через Корейский пролив, которые в исследуемый период оказались значительно меньше средних многолетних величин.

Серию исследовательских работ по течениям Японского моря выполнил В. Г. Яричин. В 1979 г. на основе данных многосуточных АБС им построены общие схемы течений северной части Японского моря на горизонтах 10, 50 и 100 м, рассмотрены циклонические

циркуляционные ячейки и их особенности. На базе измерений течений на АБС им исследована синоптическая изменчивость и пространственная структура течений в прибрежной зоне. Инструментальные измерения течений на полигонах показали четко выраженную пространственную нелинейность поля скорости течений. Аппроксимация положения отдельных векторов неперiodических течений замкнутыми линиями тока дала возможность проследить эволюцию вихревых образований и оценить их общие размеры. В следующей работе В. Г. Яричиным [119] критически рассмотрены и оценены исследования, посвященные различным аспектам горизонтальной циркуляции вод Японского моря. Приведена обобщенная схема течений. Показано, что внутригодовой режим течений Цусимского и Куроисио идентичны. Подвел итоги исследований течений моря В. Г. Яричин в монографии “Течения Японского моря. (Обобщение инструментальных данных)” и в работах [120, 121], в которых подробно изложены режимные характеристики периодических и непериодических течений. В [120] на основе наблюдений за течениями в северной части моря авторы показали, что общая циркуляция вод в этом районе представлена в виде двух вертикальных ячеек, связанных между собой зонами вергенций. Показано, что особенности распределения гидрофизических полей объясняются представленной ячеистой циркуляцией вод. В [121] утверждается, что циркуляцию поверхностных вод как циклоническую в Японском море к северу от 40° с.ш. следует принимать лишь в первом приближении, поскольку Приморское и Цусимское течения не имеют четкой связи друг с другом и разделены зоной дивергенции.

Исследование ветрового волнения на дальневосточных морях и в Тихом океане разбиваются на два этапа: изучение режима и разработка прогностических методов. В 1968 г. был издан “Атлас волнения и ветра Японского моря” [122], главным автором которого является А. М. Полякова. Данный труд можно отнести к первому труду по изучению режима волнения в Японском море. Дальнейшее исследование проводилось в лаборатории ДВ морей. В 1976 г. под руководством Л. П. Якунина [123] вышел “Справочник по волнению в прибрежной зоне Приморья”, который содержит обобщенные сведения над волнением по 14 гидрометстанциям и постам побережья.

Большой вклад в изучение режима волнения на дальневосточных морях внесла Н. Г. Алисимчик. Ею проведены расчёты максимальных волн в Охотском море [124], приведены доверительные интервалы для высот, возможных в N-лет. В процессе обработки данных наблюдений за волнением на прибрежных станциях [125], получены оценки репрезентативности данных.



Исследование прочностных и структурных характеристик морского льда, измерение течений подолдом в проливе Босфор-Восточный. 1963 г.

Путём анализа роз волнения установлено, что по заливу Петра Великого имеется дефицит информации. Н. Г. Алисимчик является одним из авторов по разделам режима ветрового волнения на дальневосточных морях монографий [3, 5, 7].

Анализ статистической структуры высот волн в Японском море в зимний период исследовал П. Б. Фирсов [126]. Выделены два информативных района, для которых получены выражения пространственных автокорреляционных функций высот волн. Для одного из районов рассчитаны зависимости, позволяющие по инструментально измеренным высотам волн на Японском буе определять начальные условия на границах района.

В конце 80-х годов прошлого столетия начинаются работы по разработке методов прогноза смешанного волнения. В основе заложены спектральные модели III поколения. А. Н. Вражкиным [127] предложен подход настройки интегральной параметрической модели по данным судовых наблюдений, который приводит к существенному качественному результату прогноза высот волн. Проведена апробация на примере Японского моря, и в дальнейшем на все дальневосточные моря и Тихий океан [128]. Метод внедрён в Приморское и Колымское УГМС, входит в прогностический блок программного комплекса АРМ-Океанолога [129].

В 2003 г. вышло из печати справочно-монографическое пособие "Гидрометеорология и гидрохимия морей". Том VIII. Японское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [7], где обобщены все исследования гидрометеорологических характеристик к настоящему времени.



Берингово море. Исследованиям Берингова моря до 80-х годов прошлого века в ДВНИГМИ уделялось меньше внимания по сравнению с Японским и Охотским морями. В 1984 г. опубликована работа В. Г. Яричина [130], в которой приведены результаты экспедиционных исследований, выполненных на НИС "Вячеслав Фролов" в августе-сентябре 1982 г. в глубоководной части Берингова моря. На основе TS-анализа приведены статистические характеристики водных масс Берингова моря. Представлено районирование моря по гидрологическим признакам и дана сравнительная характеристика районов.

В. Ф. Ворониной и Г. В. Хен [131] рассмотрена роль крупномасштабной изменчивости атмосферных процессов над северной частью Тихого океана в межгодовых колебаниях гидрологического режима восточной части Берингова моря. На основании анализа многолетних данных выявлена взаимосвязь между тепловым состоянием вод и ледовитостью моря. Показана внутригодовая преемственность термического режима Берингова моря.

В 1989 г. В. А. Меновщиков и В. А. Лучин опубликовали обзор работ "Основные результаты гидрологических исследований в Беринговом море" [132], в котором рассмотрено состояние изученности гидрологии вод Берингова моря.

В. А. Меновщиковым и А. В. Савельевым [133] рассчитаны ветровые течения, обусловленные типовыми полями атмосферного давления для осенне-зимнего сезона. Отмечены особенности циркуляции ветровых течений в связи с осенними штормовыми процессами.

Обсуждаются полученные количественные характеристики течений и вклад формирующих факторов в систему течений в различных частях моря. В этом же году В. А. Лучин, В. А. Меновщиков, Г. В. Хен [134] представили на обсуждение работу "Циркуляция вод Берингова моря". Расчет течений Берингова моря по диагностической модели А. С. Саркисяна дал возможность подтвердить общую циклоническую циркуляцию вод глубоководного бассейна, а также уточнить положения основных потоков, квазистационарных круговоротов и средних многолетних скоростей течений. Установлены некоторые новые элементы циркуляции вод в виде двух антициклонических круговоротов. В заключение В. А. Меновщиков и В. А. Лучин [135] представили анализ имеющейся информационной базы данных по морю и литературных источников по этому вопросу, сделали оценку качества базы данных и ее достаточности.

В справочно-монографических пособиях "Гидрометеорология и гидрохимия морей". Том X. Берингово море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия [5] и выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности [6] проанализированы и обобщены все исследования гидрометеорологических и гидрохимических характеристик и биологической продуктивности моря к настоящему времени.

Представляется интересной, на наш взгляд, работа В. А. Лучина, Б. В. Левина, М. А. Носова, А. Н. Мань-

**Обсуждение и подписание
Программы совместных исследований
шельфа СРВ, 1988 г. На нижнем снимке:
Н. А. Власов, Е. И. Ластовецкий,
Н. Н. Тви, В. И. Калацкий**

ко, С. Н. Скачко, А. В. Шешегова “Изменения температуры воды на поверхности моря, вызванные тектоническими движениями дна” [136]. В работе рассмотрены случаи изменений температуры воды на поверхности и в деятельном слое вод дальневосточных морей не связанных с изменениями гидрометеорологических параметров. Предложен физический механизм формирования аномалий температуры воды при сейсмических движениях дна. Лабораторные эксперименты и аналитические построения дают основание полагать, что колебания дна при подводных землетрясениях способны возбуждать нелинейные восходящие потоки, которые, вероятно, и являются причиной образования зафиксированных аномалий температуры воды на поверхности и в деятельном слое.

Определенным подведением итогов исследований дальневосточных морей явилась работа В. А. Лучина “Результаты океанографических исследований по проекту “Моря” [137], в которой отмечается, что завершающим этапом исследований дальневосточных морей явилась серия справочно-монографических пособий [2– 7], вышедших из печати в период с 1998 по 2003 гг.

Гидрологический режим вод Южно-Китайского моря

В связи с межправительственным соглашением (1980 г.) СССР и СРВ о научном сотрудничестве в области тропической метеорологии, расширившемся впоследствии (1985 г.) и на океанографические проблемы, Южно-Китайское море, особенно шельфовая зона Вьетнама, стали объектом научных океанографических исследований ведущих НИУ Госкомгидромета, в том числе и ДВНИГМИ. При этом следует отметить, что ДВНИГМИ в этом сотрудничестве играл ведущую роль. После соответствующих организационных проработок и согласований по сотрудничеству с 1988 г. ДВНИГМИ начал проводить ежегодные экспедиционные исследования шельфовой зоны Вьетнама с соответствующими сбором, анализом, расчетами и обобщением океанографической информации.

Также определенная заинтересованность в исследованиях Южно-Китайского моря возникла у океанологов ДВНИГМИ при выполнении некоторых национальных научных программ, одной из которых, например,

являлась разработка навигационных пособий. В результате этой заинтересованности в середине 80-х годов прошлого столетия Е. И. Ластовецким и Н. А. Власовым [138, 139] проведен анализ приливных течений в отдельных районах Южно-Китайского моря по данным инструментальных измерений течений на АБС и впервые получены гармонические и негармонические постоянные приливных течений и некоторые параметры приливных и остаточных течений.

Несколько позже (1989 г.) Е. И. Ластовецким и Н. А. Власовым [140] получена схема течений Южно-Китайского моря по квазигеострофической модели, основанная на климатических данных о температуре и солености воды, собранных Принстонским университетом. Обсуждались результаты расчета с точки зрения их достоверности путем сравнения с инструментальными данными по 31 многосуточной станции. Было отмечено, что удовлетворительной согласованности по всем районам достичь не удалось, необходимы были дальнейшие исследования, основанные на базе современных гидродинамических моделей, учитывающих особенности муссонной циркуляции атмосферы и связанные с ними гидрологические условия.

В это же время Е. И. Ластовецким [141] по данным инструментальных измерений течений представлена к обсуждению вертикальная структура течений и водообмен в основных проливах Южно-Китайского моря (Баши, Балинтанг, Тайваньский, Каримата, Геласа) и их изменчивость летний и зимний сезоны.

Сотрудничая с вьетнамскими специалистами в рамках совместного изучения тропических циклонов, Ю. К. Миронюк и В. А. Дубина [142] обратили внимание на некоторые гидрологические особенности режима вод центральной части Южно-Китайского моря летом 1985 г., представив при этом довольно подробную режимную характеристику центральной части моря.

Активная фаза экспедиционных океанографических исследований, начавшаяся в 1988 г., стала хорошим стимулом для анализа, обобщения и углубленного изучения материала по шельфовой зоне Вьетнама. Уже в декабре 1989 г. в Ханое проведен первый вьетнамско-советский семинар по морской гидрометеорологии, результатом которого стало издание сборника докладов на русском и вьетнамском языках. В этом сборнике были представлены доклады Е. И. Ластовецкого [143] — “Предварительные результаты Советско-Вьетнамского



Участники совместного вьетнамско-советского семинара по морской гидрометеорологии. Ханой, 1989 г.



Делегация ДВНИГМИ в СРВ по обсуждению завершения совместного изучения шельфа Вьетнама и перспектив дальнейшего сотрудничества

сотрудничества в области океанологии” с кратким анализом океанографического режима шельфовых вод в зимний период; Е. И. Ластовецкого и Н. А. Власова [144] — “Некоторые результаты исследований динамики вод на поверхности Южно-Китайского моря” с обсуждением крупномасштабной циркуляции вод моря, полученной по квазигеострофической модели А. С. Саркисяна, с привлечением инструментальных измерений течений на АБС; Е. И. Ластовецкого, Н. А. Власова, Нгуен Тхе Тьон-га [145] — “Океанологические особенности состояния вод залива Бакбо в декабре 1989 г.”.

На этом же семинаре А. Л. Дунаев [146] представил доклад “Научно-исследовательский флот ДВНИГМИ Госкомгидромета СССР”, а Ю. К. Миронок [140] — “Общие принципы производства океанографических работ на шельфе НИС типа “Валериан Урываев”, “Павел Гордиенко”. В [146, 147] освещены научно-технические характеристики НИС, методология производства и обработки океанографических наблюдений, научно-прикладная и оперативная значимость добываемой информации.

Интенсивная фаза морских экспедиционных исследований шельфа Вьетнама продолжалась по 1995 г., когда на шельфе Вьетнама ежегодно проводились экспедиционные исследования одним или несколькими НИС ДВНИГМИ. Результатом анализа и обобщения добытой в этих экспедициях гидрометеорологической информации с привлечением данных некоторых морских прибрежных ГМС Вьетнама стал сданный в печать в 1996 г. сборник трудов ДВНИГМИ, вып. 140 “Гидрометеорологические особенности шельфовой зоны морей Тихого океана (Японское, Охотское, Южно-Китайское)”, который вследствие разных причин вышел в свет только в 2000 г.

В части, касающейся Южно-Китайского моря и шельфа Вьетнама, в упомянутом сборнике В. С. Кузиным [148] рассмотрены крупномасштабные циркуляционные системы атмосферы: пассаты, экваториальная ложбина (внутритропическая зона конвергенции) и муссоны. На их фоне дана характеристика тропических циклонов, входящие и оказывающие влияние на шельф Вьетнама.

Л. И. Евдокимовой [149] представлен метеорологический режим шельфа Вьетнама по данным параметров приземной атмосферы (ветра, температуры воздуха, осадков, относительной влажности) на сети прибреж-

ных и береговых станций. Приведено предварительное районирование рассматриваемой территории по климатическим условиям.

Е. И. Ластовецким [150] на основе имеющихся отечественных и зарубежных публикаций представлен краткий обзор изученности океанографических условий Южно-Китайского моря и шельфа Вьетнама. На базе данных экспедиционных наблюдений НИС “Павел Гордиенко”, “Игорь Максимов”, “Валериан Урываев” и “Вячеслав Фролов” им [151] приведены основные режимные параметры океанографических и гидрохимических характеристик для зимнего периода: температуры и солености воды, течений, растворенного в воде кислорода, рН, содержания кремния, фосфора и нитратов. Показано их горизонтальное и вертикальное распределение. Определены диапазоны колебаний и границы распространения, на основе которых на шельфе Вьетнама выделены четыре характерных района. На основе данных инструментальных измерений показаны особенности приливных и остаточных течений на шельфе Вьетнама.

В [152] Е. И. Ластовецким и в соавторстве с А. В. Савельевым в работе [153] аналогичные исследования представлены для летнего и осеннего сезонов с указанием наличия мощного апвеллинга вод вдоль восточного побережья Вьетнама летом между 11 и 13° с.ш. и весьма интенсивной перестройки вертикальной структуры вод от летней к зимней модификации в октябре.

На базе семисуточных измерений температуры, солености воды и течений на АБС в заливе Бакбо Е. И. Ластовецкий и Нгуен Мань Хунг [154] рассмотрели временную изменчивость этих элементов в поверхностном и придонном слоях на четырех станциях. Предпринята попытка объяснить причинно-следственные связи выявленных колебаний.

М. А. Данченковым и С. А. Таранковым [155] приведены результаты анализа вертикальной структуры вод моря и ее внутригодовой изменчивости по климатическим характеристикам, рассчитанным по данным более 5000 станций за 1959–1987 гг. Определены основные слои вод моря, их термохалинные характеристики и особенности пространственно-временной изменчивости. М. А. Данченков и Г. М. Гаврилов [156] по данным измерений на 408 прибрежных океанографических станциях, выполненными в 1979–1988 гг., показали особенности подъема глубинных вод вдоль побережья центральной части Вьетнама, обсудили возможные причинно-следственные связи апвеллинга и дали его термохалинные характеристики.

В упомянутом сборнике заметное внимание уделено изучению динамики вод. Так Е. И. Ластовецким, С. Н. Стерховым, А. В. Савельевым [157] приведены сведения о географической циркуляции вод на шельфе Вьетнама в осенне-зимний и летний сезоны, полученные по материалам океанографических съемок, выполненных НИС ДВНИГМИ в 1989–1995 гг. Результаты работ дают представления об основных звеньях циркуляции вод на шельфе, хорошо согласуются, а в отдельных районах и дополняют известные схемы общей циркуляции вод Южно-Китайского моря.

По данным инструментальных измерений течений на АБС 7-суточной продолжительности Е. И. Ластовецким и Н. А. Власовым [158] рассмотрены режимно-статистические характеристики суммарных, остаточных и приливных течений в заливе Бакбо, а также гармонические и негармонические постоянные приливных течений и оценена их достоверность.

В рамках гидродинамической модели, построенной на основе теории мелкой воды, Б. М. Таран, С. Н. Стерхов, В. Н. Матвейчук [159] исследовали режим течений и уровня моря при различных направлениях ветра в заливе Бакбо, а А. В. Савельев и С. Н. Стерхов [160] построили численную гидродинамическую модель для Сиамского залива, по которой рассчитаны поля уровня моря и течений для четырех сезонов года, а также для экстремальных штормовых ситуаций редкой повторяемости. Полученные схемы течений неплохо согласуются с картами распределения солёности на поверхности в указанном районе, построенными по данным океанографических съемок.

А. В. Савельевым и Е. И. Ластовецким [161] предложен новый способ выделения штормовых нагонов из 4-срочных наблюдений за колебаниями уровня моря, основанный на простой линейной интерполяции уровня между сроками. Проведен анализ 48 штормовых нагонов, выделенных из 10-летнего ряда срочных наблюдений за уровнем в Хон Дау (залив Бакбо). Вычислены их статистические характеристики: повторяемость высот и продолжительность нагонов, внутригодовое распределение максимальных и средних высот нагонов, продолжительности фазы роста и падения уровня при нагоне. Построена роза нагонов в зависимости от скоростей и направления ветра. Путем спектрального анализа выявлены основные периоды повторяемости нагонных явлений.

Таким образом реальное Российско-Вьетнамское сотрудничество длилось 15 лет и закончилось в 1995 г. Сборник трудов ДВНИГМИ, выпуск 140 стал по существу его завершающим этапом, несмотря на подготовленные проекты дальнейших совместных работ. К сожалению, они не получили дальнейшего развития.

Шельф дальневосточных морей

Исследования гидрометеорологических условий шельфа дальневосточных морей выполнялись в рамках государственного плана научных исследований и проводился в три этапа. Первый этап включал в себя разработку так называемых справок по гидрометеорологическому режиму первоочередных районов освоения шельфа о. Сахалин и Японского моря (середина 70-х годов прошлого столетия). Второй этап предполагал разработку полных справочных пособий в рамках государственной научно-исследовательской проблемы “Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР” и выполнялся в течение 80-х годов прошлого столетия. Третий этап касался отдельных гидрометеорологических и экологических проблем в период разведки и промышленной добычи нефти и газа на шельфе Сахалина и проводится по настоящее время. Для решения этих проблем был организован “отдел изучения дальневосточных морей и их шельфа”. Руководили отделом Л. П. Якунин, затем В. Г. Яричин. В последующий период этими вопросами занимался отдел инженерной океанологии под руководством И. Е. Кочергина.

Составление справочного пособия по гидрометеорологическим условиям о. Сахалин в рамках первого этапа происходило быстро и оперативно. В 1974 г. под руководством ответственного исполнителя В. В. Покудова работы были начаты и в 1975 г. закончены изданием в виде отдельного монографического выпуска Трудов ДВНИГМИ. При этом были собраны все имеющиеся материалы наблюдений и обобщений по морской метеорологии и океанографии. Рассчитаны соот-

ветствующие режимно-статистические характеристики по всем элементам, проанализированы, обобщены и представлены в издании в удобном для потребителя виде. Издание осуществлено в трех частях общим объемом 455 страниц.

В первой части представлено описание метеорологического режима, составленное В. К. Храмцовой; во второй — океанографический режим, включающий описание волнения моря (Л. Н. Иконникова), уровня моря (Р. А. Деева), цунами (Р. А. Деева, Ю. Д. Ковбас), течения (В. В. Покудов, Т. Н. Чупахина); в третьей части содержится описание ледового режима восточного, юго-западного и западного побережий, заливов Сахалинского, Терпения и Анива, Амурского лимана и пролива Невельского, оценка давления льда на гидротехнические сооружения (Л. П. Якунин, Р. М. Скоков), а также гидрометеорологические условия обледенения судов (Г. Г. Чаленко, Н. Ф. Буянов).

Однако с развертыванием разведочных и промышленных работ по добыче нефти и газа на острове и его шельфе вставали все новые вопросы по гидрометеорологическому и экологическому обеспечению этих работ на более высоком уровне. Эти вопросы частично нашли свое разрешение в процессе работ второго этапа (“Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР”), а по отдельным вопросам ведутся работы и в настоящее время, о чем будет сказано ниже.

Так, С. А. Покрашенко, П. А. Трусковым, Л. П. Якуниным [162] по наблюдениям, выполненным в марте 1984 г. за дрейфом льдин на шельфе о. Сахалин с береговой РЛС на расстоянии до 30 км от берега определены некоторые характеристики дрейфа ледяного покрова в условиях слабых ветров и при штиле. Рассмотрено также влияние ветра и подледных течений на дрейф льда с помощью стандартного корреляционного анализа. Предложены методические основы для проведения дальнейших наблюдений на шельфе с целью их использования при проектировании гидротехнических сооружений.

В 1989 г. для условий шельфа восточного побережья о. Сахалин А. В. Савельевым [163] апробирована численная модель расчета элементов динамики вод (течений и уровня моря), построенная в рамках теории мелкой воды. Были получены поля течений и уровня моря под ветровым воздействием. Обсуждены особенности динамики вод, вызванные различными ветрами. В работе отмечено, результаты расчетов следует считать ориентировочными и требуют подтверждения натурными наблюдениями.



В 1998 г. Н. А. Рыковым [164] представлена освещенность охотоморского шельфа о. Сахалин данными глубоководных океанографических наблюдений. Рассмотрен количественный и качественный состав исторических глубоководных океанографических наблюдений, собранных в Региональном центре океанографических данных (РЦОД) ДВНИГМИ. Даны оценка их пространственного распределения в летний и осенний сезоны на сетке 20х20 картографических минут. Выполнены расчеты среднесезонных значений плотности морской воды, произведены оценки достоверности вероятности полученных значений.

Продолжением этого направления исследований является работа В. Ю. Савельева и В. Н. Храмушкина [165] "О создании информационно-аналитических систем оперативного анализа обстановки на море", в которой обсуждены ряд основных научных и прикладных задач, на решение которых должна быть направлена морская информационно-аналитическая система. Приведен обзор существующих информационных систем, разработанных различными отечественными и зарубежными компаниями, обсуждены их достоинства и недостатки. Изложены основные математические и программные принципы, реализованные при разработке собственными силами информационной системы, адаптированной для морской акватории, прилегающей к о. Сахалин, показаны примеры расчета и визуализации на экране монитора некоторых динамических характеристик морской поверхности на охотоморском шельфе Сахалина.

По данным попутных судовых наблюдений и другим источникам Н. А. Дашко, С. М. Варламовым и И. Е. Кочергиным [166] уточнены режимные характеристики ветра и волнения у северо-восточного побережья Сахалина. Описан метод подготовки данных наблюдений. Приведены статистические характеристики ветрового режима, рассмотрены сезонные особенности изменения спектральных характеристик. Особое внимание уделено исследованию режима повторяемости сильных ветров и штормового волнения, а также возможных экстремальных значений скорости ветра и высоты волн. Выполнен анализ барических условий, формирующих ветровой режим западной части Охотского моря. Исследована статистическая зависимость формирования поля смешанного волнения от характеристик ветра и времени воздействия.

В дальнейшем, в 1998–1999 гг. сотрудниками института выполнен ряд работ, касающихся технологии моделирования нефтяных разливов на шельфе восточного Сахалина в рамках проведения оценки их воздействия на окружающую среду (ОВОС). Так И. Е. Кочергин, А. А. Богдановский, В. Д. Будаева, С. Н. Зацепя, А. А. Ивченко, В. Г. Макаров, С. Н. Овсиенко, В. Ф. Путов [167] рассмотрели в этом плане следующие модели и методы: трехмерную диагностическую модель построения схем течений, эволюционную модель нефтяного пятна, методику построения десятисуточных сценариев по типовым гидрометеорологическим ситуациям. Привели результаты моделирования возможных аварийных разливов нефти в виде траекторий и зон потенциального воздействия. Представили оценки загрязнения береговой черты. По результатам моделирования был сделан обобщающий анализ с учетом специфики восточного шельфа о. Сахалин.

И. Е. Кочергиным, О. О. Сергушевой [168] на примере сахалинских проектов обсужден методический подход к проведению оценки воздействия на окружающую среду для объектов морского нефтегазового

комплекса. Описана типовая процедура проведения ОВОС и требования к основным ее составляющим. На примере разведочного бурения дана характеристика типовых источников воздействия на окружающую среду и масштабы ожидаемых воздействий. Рассмотрены возможности применения матрицы воздействий для обобщения результатов ОВОС с примерами их практического построения для типового проекта и аварийной ситуации. Обсуждены требования к мероприятиям по охране окружающей среды, мониторингу и дополнительным научным исследованиям, проработке альтернативных вариантов и экологической оценке проекта.

Т. А. Гавриловой [169] проанализирована информация о составе буровых растворов, применяемых на северо-восточном шельфе Сахалина. Даны характеристики физико-химических свойств и токсичности основных компонентов буровых растворов и их составляющих. Предложен подход к оценке содержания тяжелых металлов в отработанных буровых растворах и схема выполнения технологического мониторинга. Результаты анализа применимы для оценки воздействия буровых растворов на морскую среду.

И. Е. Кочергиным, А. А. Богдановским, В. Ф. Мишуковым, В. Ф. Путовым, Л. А. Рейтсема [170] обобщены результаты различных подходов к моделированию нефтеразливов на сахалинском шельфе. Приведен сравнительный анализ моделирования потенциальных разливов нефтяных углеводородов для трех нефтегазовых месторождений и потенциально опасного участка трассы транспортировки нефти. Приведено описание исходной информации, включающей технические характеристики источников и гидрометеорологические параметры среды для различных вариантов моделирования. Проанализированы возможности применяемых методов и моделей. Построены вероятностные диаграммы переноса нефтяного пятна для пяти моделируемых площадей. Определены характерные вероятностные достижения нефтяным пятном береговой линии для возможных вариантов разлива.

Группой сотрудников [171] (И. Е. Кочергин, А. А. Богдановский, В. Д. Будаева, С. М. Варламов, Н. А. Дашко, В. Г. Макаров, В. Ф. Путов, С. И. Рыбалко) в 2000 г. предложена методика построения гидрометеорологических сценариев для моделирования вероятного поведения нефти на трое и более суток при возможных разливах на шельфе Сахалина. Для построения сценариев использованы репрезентативные и качественные гидрометеорологические данные, на основе которых построены типовые метеоситуации и схемы течений. Методика построения сценариев позволила сохранить статистические свойства повторяемости, длительности и коэффициенты перехода между станциями. Приведен практический пример построения набора сценариев при моделировании разливов нефти для шельфа северо-восточного Сахалина. Тестирование предложенного подхода показало хорошее согласование статистических свойств построенных полей течений для набора сценариев с натурными наблюдениями в точках, что подтверждает корректность методики используемых моделей.

Наряду с этими методическими работами продолжались исследования по уточнению и детализации некоторых режимных характеристик шельфа Сахалина, хотя они, в основном, и были уже описаны ранее в упомянутых выше работах. Так, на основе имеющихся на побережье наблюдений за уровнем моря А. В. Савельевым [172] анализировались сгонно-нагонные эффекты



Заведующий отделом инженерной океанологии И. Е. Кочергин

в Сахалинском заливе. Предложен новый простой способ выделения сгонно-нагонных колебаний по четырехсрочным наблюдениям. Выявлены условия формирования сгонов и нагонов на акватории залива, выполнена оценка их режимных характеристик.

И. Е. Кочергиным, С. П. Гордя, М. Н. Кулиниченко [173] на примере побережья северо-восточного Сахалина проведено районирование цунами. Общая схема определения вероятностных параметров цунами содержит при этом следующее:

- оценку сейсмических характеристик в районах потенциальных источников за пределами и внутри Охотского моря;
- эмпирические формулы пересчета магнитуды землетрясения в параметры начальной волны;
- численные схемы решения двумерных уравнений мелкой воды и уравнения КВД вдоль луча;
- инженерные соотношения линейной теории наката;
- энергетические формулы для оценки параметров волн в лагунах.

В результате расчетов определены вероятностные параметры цунами на побережье и выделены зоны локальных минимумов и максимумов, показывающие хорошее соответствие с оценками, полученными на основе статистических методов. Для четырех лагун определены энергетические характеристики воздействия цунами и скорости потоков.

На основе ряда срочных наблюдений с мая по сентябрь (1950–1989 гг.) в шести пунктах побережья Сахалина (Взморье, Стародубское, Новиково, Корсаков, Холмск, Невельск) А. Г. Петровым [174] исследован характер изменений температуры воды. Рассмотрены внутрисуточные и межсуточные изменения в зависимости от приливотливных, ветровых и других причин. Показано, что резкие изменения проявляются при возможном их одновременном влиянии. Рас-

считаны статистические параметры повторяемости амплитуды изменений и продолжительность периодов роста (падения) температуры воды. Продолжая исследования в этом направлении, А. Г. Петров и Н. С. Ванин [175] провели подробный анализ случаев резкого изменения температуры воды и сопутствующих характеристик ветра. Они показали, что ветровой эффект, выраженный в типичных сгонно-нагонных явлениях, характерен для большинства пунктов, кроме Стародубского и Взморья. Однако, четкой зависимости резких изменений температуры воды от ветровых условий для случаев повышения и понижения температуры воды не выявлено. Данные исследования были продолжены и в работе А. Г. Петрова [176].

Некоторые результаты анализа данных инструментальных наблюдений за течениями на Пильгун-Астохской и Аркутун-Дагинской площадях северо-восточного шельфа Сахалина выполненных в 1989, 1996–1998 гг. представили И. Е. Кочергин, С. И. Рыбалко, В. Ф. Путов, Г. В. Шевченко [177]. Ими рассмотрены спектральные характеристики течений исследуемого района, проанализированы приливные течения, получена оценка сдвига фаз приливного течения в направлении вдоль берега. Приведена количественная оценка взаимосвязи полей ветра и течений, проанализировано влияние ветра на непериодические течения в летний период. Получена оценка дисперсии высокочастотных турбулентных пульсаций скорости течений.

Интересные исследования по сезонной изменчивости пикноклина и моделированию типовых циркуляций вод в заливе Анива и проливе Лаперуза провели В. Д. Будаева и В. Г. Макаров [178, 179]. Ими на основании среднемноголетних сезонных полей плотности [178] исследована внутригодовая изменчивость максимальных градиентов плотности и глубин их залегания в заливе Анива и проливе Лаперуза. Существенные сезонные различия вертикальной плотностной стратификации (0.3–0.5 ед. усл. пл./м весной и осенью, 0.14–0.18 ед. усл. пл./м летом) тесно связаны с годовым ходом инсоляции и сезонной перестройкой поля течений. Установлены перманентные зоны относительно высокой интенсивности пикноклина (более 0.15 ед. усл. пл./м).

В [179] на основе трехмерной диагностической модели, региональных типов барических ситуаций над шельфом южного побережья о. Сахалин и данных о



Молодые сотрудники отдела инженерной океанологии

расходе воды в проливе Лаперуза построены типовые схемы циркуляции вод и поля течений в заливе Анива и проливе Лаперуза. Показано влияние каждого типа барического поля и режим течения Соя. Разработанные типизацию и диалоговый комплекс программ расчета циркуляций и полей течений, генерируемых ветром, можно применять при диагнозе текущего климата и обеспечении навигации в этом районе и нефтегазовых комплексов.

Итоги гидрометеорологического и экологического обеспечения по освоению шельфовой зоны Сахалина, проблемы и перспективы представлены на обсуждение И. Е. Кочергиным в [180]. Им рассмотрены результаты работ за период 1995–2000 гг. в области гидрометеорологии и инженерно-экологических расчетов, связанных с оценкой воздействия на окружающую среду. Приведены описания состояния и перспектив работ по следующим направлениям исследований: оперативное гидрологическое обслуживание; разработка разделов с описанием режимных гидрометеорологических характеристик и экологических условий среды; расчеты экстремальных гидрометеорологических характеристик и подготовка гидрометеорологического паспорта на месторождение; режимные и оперативные работы по обеспечению ледовой безопасности; комплексное проведение оценки воздействия на окружающую среду для объектов шельфа; моделирование гидродинамических процессов в море, переноса и осаждения загрязняющих веществ в морской среде; разработка обосновывающих материалов по нормированию воздействия на окружающую среду; моделирование развития аварийных ситуаций, в том числе создание систем прогноза в реальном времени; морской и сухопутный экологический мониторинг; инженерные гидрометеорологические и экологические изыскания.

Гидрометеорологические условия шельфа Японского моря. Как отмечалось выше, исследования гидрометеорологических условий шельфовой зоны Японского моря начались в 1975 г. (первый этап). Руководителем работ и ответственным исполнителем был назначен Е. И. Ластовецкий. Работы велись интенсивно, в жестких временных рамках и закончились в 1976 г. изданием монографического сборника из семи частей объемом 794 офсетных страницы. Первая часть, включающая общую климатическую характеристику Японского моря, основные метеорологические явления, климат и погоду отдельных районов шельфа, режимно-статистические характеристики, выполнена под руководством и личным участием В. К. Храмцовой. Вторая часть, включающая гидрологический режим шельфовой зоны и прилегающих вод, в частности, геоморфология шельфовой зоны выполнена Е. И. Ластовецким; гидрологические элементы в устьевых областях рек — сток воды и речных насосов — выполнена А. М. Горчаковым; температура воды, соленость, прозрачность и цвет — Г. А. Цапко; волнение — Е. М. Ильютенко; уровень — Р. А. Деевой; течения — Т. И. Супранович. Третья часть (гидрохимическая характеристика) составлена Е. И. Ластовецким и Г. С. Головакиной. Четвертая часть — общее загрязнение вод описано Е. Н. Шаповаловым, загрязнение грунтов залива Петра Великого — З. П. Редьковской. Пятая часть — ледовый режим открытых районов моря представлен Л. П. Якуниным, ледовый режим залива Петра Великого — А. П. Петровой. Шестая часть — обледенение судов, составлена А. М. Поляковой и Н. Н. Ревинной. Часть седьмая — гидрометеорологическая характеристика отдельных заливов и бухт, разработан Е. И. Ластовецким, Л. Н. Закопной, Г. А. Цапко, Л. П. Якуниным, Е. М. Ильютенко.

В последующих исследованиях (второй этап) в рамках упомянутой выше государственной программы “Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР” рассматривались в основном эти же вопросы, но на более полной информационной базе и более совершенной методологической и технологической основах.

В 1984 г. коллективами отдела метеорологии климата Южно-Сахалинской ГМО и группы гидрометеорологии моря Дальневосточного УГМС осуществлено подробное описание физико-географических характеристик прибрежных гидрометеостанций, географических условий и климатообразующих факторов шельфа Японского моря, в частности: циркуляция атмосферы, ветровой режим, температурный режим, осадки, туманы, метели с таблицами и картами статистических данных по названным элементам. Сотрудники ДВНИГМИ Т. И. Супранович, Т. Н. Чупахина, Н. Г. Алисимчик, В. М. Шашель, Г. М. Ильютенко, А. М. Полякова, Ю. А. Ковбас представили соответствующий анализ океанографических характеристик, в том числе обледенение судов и цунами. З. П. Редьковская, Е. Н. Шаповалов описали гидрохимический режим моря: растворенный кислород, биогены, щелочность, фосфаты, кремний. Представили статистические данные этих элементов в виде карт, таблиц, графиков для горизонтов 0, 10, 50, 75 м и придонного слоя.

Гидрометеорологические условия шельфа Охотского моря. В отличие от охотоморского участка шельфа о. Сахалин, все другие участки шельфа Охотского моря исследовались только в рамках программы “Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР”, Том IX, Охотское море. В 1981 г. был составлен раздел 5 этого тома “Течения”. Анализ непрерывных течений юго-западной и южной частей моря в этом разделе проведен В. А. Лучиным, сведения о течениях в северо-восточной части представлены Т. И. Супранович. Ему дан также анализ изменчивости приливного потока с глубиной в различных районах Охотского моря. Данные о течениях на шельфе Сахалина в этом разделе представлены сотрудником Сахалинского УГМС А. В. Курышевым. В это же время Г. С. Головакиной и сотрудниками Сахалинского УГМС Л. С. Журбенко, Колымского УГМС З. Ю. Бодровой составлен раздел 7 “Гидрохимия” с полным анализом гидрохимических элементов. Методическую помощь и научную редакцию раздела осуществили Т. И. Супранович и Т. С. Моторыкина. В 1983 г. Л. П. Якуниным и В. М. Черных написан раздел 6 “Лед”. Описание составлено по данным авиаразведок за период 1956–1977 гг. и ГМС от открытия до 1977 г., а также ледового патруля с ледоколов и судов за 1942–1977 гг. В работе принимали участие сотрудники Сахалинского, Колымского и Камчатского УГМС. Техническую и оформительскую работу выполнили сотрудники ДВНИГМИ: ст. инженер А. П. Петрова, инженер Г. К. Карук, лаборанты М. М. Калинова, Л. Л. Безденежных, Л. П. Демидова, Н. Т. Кошкина. В 1984 г. представлены материалы раздела 2, включающие “Волнение” (П. О. Батов, О. Г. Баранова, В. Е. Ботьянов, В. Н. Кондратюк, Г. М. Ильютенко, Н. Г. Алисимчик), “Обледенение судов” (А. М. Полякова), “Цунами” (Ю. Д. Ковбас), “Прозрачность и цвет” (В. А. Мозговой). В этом же году Л. П. Якуниным и Л. Н. Закопной закончен раздел 4 “Температура, соленость и плотность морской воды”, а годом позже Н. Е. Юркевич (Сах. УГМС), Ю. М. Малышевым (Колымское УГМС) и О. Г. Барановой (Камчатское УГМС) представлен раздел 1 с описанием режима колебаний уровня на

подответственных акваториях. Каждый раздел кроме описания иллюстрирован соответствующими картами, графиками, таблицами, статистическими характеристиками.

Особенности режима, циркуляции, термохалинных характеристик и структуры водных масс Тихого океана

Понимая большое научно-прикладное значение проводимых исследований дальневосточных морей, ученые-океанологи ДВНИГМИ все более пристальные взоры обращали на акватории Тихого и Индийского океанов, бескрайние просторы которых играют существенную роль в формировании гидрологического режима дальневосточных морей. Поэтому с получением первых океанских НИС в начале 60-х годов прошлого столетия учеными института начато интенсивное изучение Тихого и Индийского океанов.

Северная часть Тихого океана. Уже в 1961 г. Л. Е. Веселовой и В. В. Покудовым [181] представлен анализ вертикального распределения основных гидрологических характеристик (температуры, солёности и плотности воды) в различных климатических зонах центральной части Тихого океана по наблюдениям НИС “А. И. Воейков” в январе — феврале 1960 г. Проведено исследование суточной изменчивости гидрологических элементов и найдена связь их с внутренними волнами приливного характера, для которых сделан расчет гармонических постоянных парным методом.

Дальнейшим исследованием в этом же направлении стали работы В. В. Покудова “Сезонная вертикальная циркуляция вод в северо-восточной части Тихого океана и зоны перспективного промысла” [182], “Некоторые черты гидрологии вод калифорнийского района в зимний период” [183] и “Внутригодовая изменчивость течений северной части Тихого океана” [184], результаты которых опубликованы в 1967–1970 гг. Одновременно в этом же плане выполнено исследование Р. Р. Белевичем [185], в котором рассмотрена сезонная изменчивость гидрологических характеристик и течений района, ограниченного на западе 155° в.д. и побережьем Камчатки, на севере Командорскими и Алеутскими островами, на востоке тихоокеанским побережьем Америки и на юге 35° с.ш. Впервые представлены карты для четырех сезонов температуры и солёности воды, геострофических горизонтальных и вертикальных движений, которые уточнили существующие представления и выявили ряд интересных особенностей, не освещенных ранее в литературе.

В. В. Покудовым в работе “Внутригодовые колебания теплосодержания вод в северной части Тихого океана” [186] представлены результаты расчетов теплосодержания поверхностного (0–150 м), подповерхностного (150–500 м) и промежуточного (500–800 м) слоев в северной части Тихого океана для всех сезонов года. Отмечена значительная роль адвекции вод из Охотского и Берингова морей на тепловой режим поверхностных и подповерхностных вод Курило-Камчатского района. В последующих работах (1974–1975 гг.) В. В. Покудов [187–189] продолжил исследование временной изменчивости термохалинных характеристик и тепловых процессов вод северной части Тихого океана. Так, в [187] исследовались вопросы осеннего охлаждения поверхностных вод при аномально теплых условиях 1972 г. Показана роль динамических факторов и их влияние на изменения температуры воды при климатическом охлаждении поверхностных вод в сентябре-октябре. В [188] исследовались основные закономерности про-

странственных изменений гидрологических элементов в глубинных слоях северной части Тихого океана от 25° с.ш. до Алеутских островов, выявлены аномальные зоны и районы, формирование которых тесным образом связано как с горизонтальной, так и с вертикальной циркуляцией вод. В приложениях приведены карты температуры и солёности на горизонтах 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000 и 5000 м. В [189] рассмотрена одна из составляющих теплового баланса поверхности северной части Тихого океана - турбулентный теплообмен между океаном и атмосферой в зимнее время. Показано, что океан в исследуемой акватории через поверхность отдает тепла в 3–4 раза больше, чем получает из атмосферы. Отдача тепла тем больше, чем интенсивнее циклоническая деятельность атмосферы.

Как видим, в упомянутых выше работах В. В. Покудова указывается, что одной из причин пространственно-временной изменчивости гидрологических элементов является вертикальная циркуляция вод. Поэтому данной проблеме он посвятил свои последующие работы в 1974 г.: “Вертикальная циркуляция вод в северо-западной части Тихого океана в зимний период” [190] и в 1975 г. “Схемы и краткий анализ вертикальной циркуляции вод в северо-западной части Тихого океана” [191]. В этих исследованиях анализировались вертикальные движения вод глубинных слоев в летний и зимний сезоны. В основу расчета была положена геострофическая модель. Исходными материалами служили наблюдаемые поля плотности воды комплексных океанографических экспедиций зимы и лета 1972 г. Выявлены районы, где зимой и летом наблюдалась вертикальная циркуляция одного знака (подъем или опускание вод).

В этом же плане в 1975 г. коллективом авторов (В. В. Покудов, В. И. Верховатов, Ю. Н. Волков, В. Н. Крайнев, Т. Я. Народицкая, Б. А. Хаванов, В. Г. Яричин) [192] по материалам океанографической съемки в северной части Тихого океана (программа “Полэкс”) исследована структура вод, геострофические течения и особенности вертикальных движений. Выявлены характерные черты



Обледенение. НИСП “Волна”

синоптических процессов над океаном, наблюдавшиеся зимой 1974 г., и сопутствующие им изменения в полях распределения гидрологических и гидрохимических элементов.