



СОДЕРЖАНИЕ

Статьи

<i>Каган Б.А., Тимофеев А.А.</i> Моделирование поверхностного и внутреннего K_1 (деклинационных) приливов в Белом море	4
<i>Владиминова Э.М., Иванов В.Г., Иванов Д.В., Литвин А.Д., Скопин Н.А.</i> Исследование течений в верхнем слое Черного моря в диапазоне мезомасштабов	19
<i>Тюгин Д.Ю., Куркина О.Е., Куркин А.А.</i> Программный комплекс для численного моделирования внутренних гравитационных волн в мировом океане	32
<i>Семёнов Е.В., Мортиков Е.В.</i> Методы обработки глубоководных термохалинных измерений	45
<i>Зимин А.В., Солощук П.В., Исаев А.В.</i> Особенности течений в восточной части Финского залива по результатам инструментальных измерений в июле 2010 года	58
<i>Диденкулова И., Вишка М., Куренной Д.</i> Изменчивость берегового профиля под совместным воздействием судовых и ветровых волн	66
<i>Сухоруков А.Л.</i> Применение метода статистических испытаний в задаче о подъеме груза с большой глубины в условиях нерегулярного волнения моря	79
Конференции	100
Хроника	102
Правила представления материалов в редакцию.....	103

CONTENTS

Articles

- Kagan B.A., Timofeev A.A.* Modelling of the K_1 Surface and Internal Tides in the White Sea 4

On the basis of the use of hydrodynamic equations to incompressible liquid, reduced to non-dimensional form within the framework of similarity law, probabilistic structure of the field is constructed and researched as the basis of the decision of the problem of the non-dimensional parameter estimation of the flow, created by moving outside source, as well as for estimation of the source proper parameters and parameters of the statistical field propagation channel. The analytical form of the likelihood ratio is found and algorithms of the unknown information parameter estimation as the object of the statistical inverse problem solving are formed..

Key words: surface & internal tides, K_1 harmonic, modelling, White Sea.

- Vladimirova E.M., Ivanov V.G., Ivanov D.V., Litvin A.D., Skopin N.A.* The Investigation of Mesoscale Flows within the Black Sea Upper Layer 19

The results of velocity and temperature nature investigations in the Black sea upper layer during August 2005 are presented. The information about dynamics and structure of these fields was obtained. The existence of internal waves and localized regions of equal temperature and velocity is shown. The energetic and geometric structure characteristics of different nature in a season thermocline region were estimated.

Key words: seasonal thermocline, mezzo-scale structure, internal waves, temperature fluctuations, eddies.

- Tyugin D., Kurkina O., Kurkin A.* Software Package for Modeling of Internal Gravity Waves in the World Ocean 32

In this paper software package for numerical modeling of transformation and propagation of internal gravity waves (IGW) in the World Ocean is presented. Short overview of implemented numerical models is given. They are: extended nonlinear evolutionary equation of Korteweg-de-Vries type with combined nonlinearity with variable coefficients (Gardner equation) and ray model reproducing the effect of refraction in an IGW package. The developed software package is unique and topical for this class of geophysical applications. Description of user interface and main working modes of the software are presented.

Key words: numerical modeling, data processing and visualization, wave refraction.

- Semenov E.V., Mortikov E.V.* Methods for Processing of Deep-Water Thermohaline Measurements 45

We describe a method for approximate reconstruction of main hydrophysic fields using deep-water thermohaline measurements. Methods for solving both non-stationary and stationary, known as “diagnostic” problems, are presented. Proposed approaches are based on full non-linear system of equations of geophysical thermo-hydrodynamics. A series of results of computations performed from the mid 80-s and up to nowadays are reported.

Key words: data assimilation, variational problems, ocean thermo-hydrodynamics.

Zimin A.V., Soloshchuk P.V., Isaev A.V. Features of Currents in the Eastern Part of the Gulf of Finland Based on the Results of Instrumental Measurements in July 2010 58

The paper presents the results of current velocity measurements which were carried out below the thermocline in the eastern part of the Gulf of Finland in the second half of July 2010. It was found that the structure of water circulation in the region is generally cyclonic in nature. Comparison of calculated geostrophic velocities with instrumental measurements showed a qualitative agreement only for the direction of currents. The measured modules of current velocity exceeded its values calculated by the dynamic method by two to eight times.

Key words: water circulation, instrumental measurements of current velocity, dynamic method for calculation of current velocity, the eastern part of the Gulf of Finland.

Didenkulova I., Viška M., Kurennoy D. Change of the Coast Profile under the Joint Effect of Ship and Wind Waves 66

Coast dynamics resulting from the interplay of long vessel wakes and short background wind waves is studied experimentally in tideless conditions of Gulf of Finland. An attempt of qualitative study of impact of each wave system on a coast is made. Special attention is paid to two parameters: the change of sillage volume and the change of the coast profile shape, which is defined as an exponent in the power approximation of the coast. The analysis of these parameters and their variability for ship and wind waves demonstrate peculiarities of the ship wave and wind wave effect on the coast.

Key words: beach profile change, statistical moments, probability distributions, wind waves, ship waves, the Baltic Sea.

Sukhorukov A.L. Application of Method of Statistic Testing in the Task of Load Lifting from Deep Depth in Conditions of Random Sea State 79

Nowadays, with account of depletion of hydrocarbon raw materials onshore there is a tendency to develop deep oil and gas fields. In course of development of the fields, significant amount of various lowering-and-hoisting operations are fulfilled. The task of determination of the forces in load lifting from deep depth in the conditions of random sea state is solved on the basis of statistic testing method (Monte Carlo method). Mathematical model took into account non-linearities caused by jerking and non-linearities of forces of the load hydrodynamic resistance. Comparison of the results with relevant solutions of linear tasks has been made.

Key words: load lifting, sea state, line, wave process, offshore operation, jerking.

УДК 551.465.5

© А.В. Зимин, П.В. Солощук, А.В. Исаев, 2011

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург
zimin2@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ИЮЛЕ 2010 года

Представлены результаты измерений течений, проведенных на глубинах ниже слоя термоклина в восточной части Финского залива во второй половине июля 2010 г. Установлено, что структура циркуляции вод на рассматриваемой акватории имела в целом циклонический характер. Сравнение рассчитанных скоростей геострофической циркуляции с инструментальными измерениями течений показало качественное согласие между ними только по направлению течений. Скорость течения, по данным контактных измерений, превышала полученную динамическим методом в 2–8 раз.

Ключевые слова: циркуляция вод, инструментальные измерения скорости течений, динамический метод расчета, восточная часть Финского залива.

Финский залив, несмотря на сравнительно небольшие размеры, характеризуется значительной пространственно-временной изменчивостью течений. Картина течений довольно сложна, прежде всего из-за неравномерности глубин, изрезанности береговой линии, наличия многочисленных островов и других факторов. В настоящее время акваторию восточной части Финского залива принято разделять на три района: Невская губа – от невской дельты до о. Котлин, мелководный район – от о. Котлин до траверза м. Шепелевский, глубоководный район – от м. Шепелевский до о. Гогланд.

Основной особенностью схемы течений можно считать выраженную западную направленность в Невской губе и мелководном районе залива [1]. В глубоководной части залива идеализированно полагается [11], что течения носят циклонический характер. В южной части этого района преобладают слабые течения северного и северо-восточного направления, а в северной – более интенсивные течения западного направления. Скорости этих течений составляют от одного до десятков сантиметров в секунду. Однако все происходящие в заливе процессы очень изменчивы, и фактическая картина течений тоже сильно меняется как во временном масштабе, так и в пространственном. Поэтому изучение циркуляции вод как одного из главных абиотических факторов в жизни гидробионтов играет огромную роль.

Начало целенаправленным исследованиям за течениями Финского залива было положено еще в позапрошлом веке. Первыми работами с обобщением материалов съемок течений и кратким их описанием были труды Р. Виттинга [2], В.П. Бильдерлинга и Л.Ф. Рудовица [3]. В последней работе впервые обращается внимание на двухслойность течений. Первые карты течений, составленные Р. Виттингом, были уточнены Е. Пальменом и Л. Ф. Рудовицем [4]. С середины XX в. в Финском заливе начали выполняться систематические сезонные съемки по стандартной сетке станций. Эти наблюдения позволили И.М. Соскину в 1963 г. обобщить материалы и издать карты плотностных течений для различных типов полей и сезонов года [5]. Огромное значение для понимания циркуляции вод в заливе имела организация аэрофотосъемок поверхностных

течений [6]. Полученные результаты наблюдений от опытных съемок до съемок, выполненных при различных скоростях и направлениях ветра, постоянно уточнялись данными судовых наблюдений и наблюдений на плавучих маяках. Итогом многолетних комплексных исследований Балтийского моря для изучения физических, химических и биологических процессов, происходящих в его толще, явилось издание книги «Балтийское море» в проекте «Моря СССР» серии «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР» в 1980 г. [7]. Использование данных гидродинамического моделирования [11] позволило установить, что стандартная картина циркуляции в заливе содержит многочисленные мезомасштабные водовороты со средним размерами 8–12 миль.

Перечисленные выше работы позволили выявить общие черты циркуляции вод, получить представление о ее количественных характеристиках. Дальнейшие исследования циркуляции и динамики вод развивались по двум направлениям: экспедиционные исследования и применение различных расчетных методов для исследования особенностей циркуляции в зависимости от атмосферных процессов [11]. Однако отсутствие достаточного количества измерителей течений привело к тому, что по сравнению с другими гидрофизическими параметрами (температура, соленость) развитие методов измерений течений происходило замедленными темпами.

Экосистемные исследования Гидрометеорологического университета (РГГМУ) в восточной части Финского залива продолжаются более 15 лет. Тем не менее изучение циркуляции вод проводится чаще всего на основе использования гидродинамических моделей, весьма редко результаты расчетов проверяются инструментальными измерениями. Такое обстоятельство определяется рядом условий, главное из которых заключается в необходимости привязки гидрофизического и гидрохимического комплексов наблюдений к гидробиологическим исследованиям, выполняемым, как правило, синхронно с гидрофизическим и гидрохимическими наблюдениями. Цель такой методологии заключается в получении взаимосвязи полей океанографических величин (в том числе течений) с распределениями биологических характеристик. Получить такую возможность на основе инструментальных измерений по всей площади съемки чрезвычайно сложно. Это связано с крайней ограниченностью съемок по времени, зачастую сложными навигационными и погодными условиями и отсутствием соответствующей приборной базы, что позволяет лишь в редких случаях сравнить расчетные (модельные) параметры течений с данными инструментальных измерений.

В рамках научно-исследовательской экспедиции, проводившейся на акватории восточной части залива в июле 2010 г., были поставлены задачи отработки методики проведения работ с дрейфующего судна малогабаритным измерителем течения «Вектор-2», проведения инструментальной съемки течений на исследуемой акватории и сопоставления измерений с результатами расчетов и имеющимися литературными представлениями.

Исследования гидрологической структуры выполнялись в период с 15 по 22 июля 2010 г. Всего было выполнено 46 станций, на которых измерения проводились на горизонте 18 м (рис. 1). На двух станциях, являющихся точками мониторинга УГМС (на рис. 1 обозначены 4UGMS и 2UGMS), были получены профили течения на нескольких характерных горизонтах. Работы из-за технических особенностей судна выполнялись при скорости ветра, не превышающей 10 м/с.

В период экспедиционных исследований над восточной частью Финского залива преобладал антициклональный тип погоды с устойчивыми южными, юго-западными потоками на высотах. Малоградиентные поля повышенного давления определяли в этот период жаркую погоду с дефицитом осадков. На начало экспедиционных измерений, выполнявшихся от о. Котлин до разреза вдоль меридиана 28°43' в.д., пришла первая волна аномального тепла с превышающими норму среднесуточными температурами воздуха и слабой ветровой деятельностью, что было вызвано нахождением района на

западной периферии антициклона. В период 17–19 июля отмечалось прохождение холодных фронтов и как следствие – усиление западного ветра до 15 м/с. В этот период работы не проводились. Измерения возобновились при погодных условиях, определяемых западной периферией области высокого давления, т. е. в жаркую погоду со слабыми ветрами. В последний день экспедиции измерения выполнялись при второй волне аномального тепла с еще более высокими температурами воздуха.

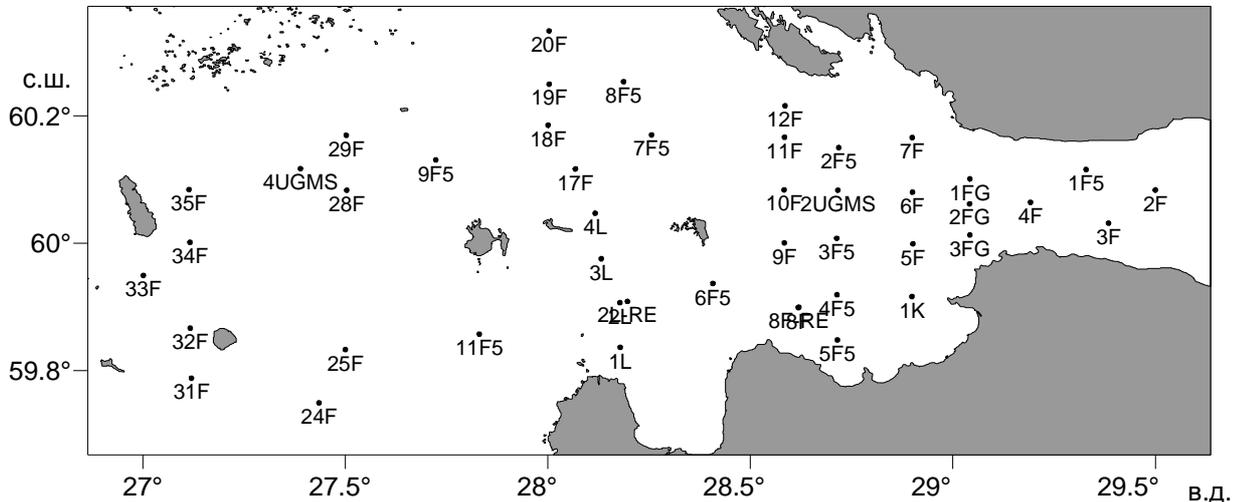


Рис. 1. Схема станций, выполненных в ходе рейса в восточной части Финского залива (15–22 июля 2010 г.).

Для отработки методики работы с прибором вначале была выполнена тестовая станция, на которой было выполнено шесть пробных измерений течения длительностью от 5 мин до 2 ч в разных режимах работы прибора. По результатам тестовых измерений было установлено, что в режиме зондирования оптимальное время выдержки прибора на горизонте составляет 10 мин при дискретности измерений 30 с, согласно критерию однородности Колмогорова-Смирнова. Кроме того, была обеспечена синхронизация по времени данных измерений течения и показаний координат судовой навигационной системой GPS (Global position system). Разработан алгоритм камеральной обработки данных измерений течений с учетом сноса судна. Написан макрос в среде Microsoft Excel 2003 для коррекции показаний прибора по данным судовой GPS во время дрейфа, фильтрации и осреднения данных по горизонтам.

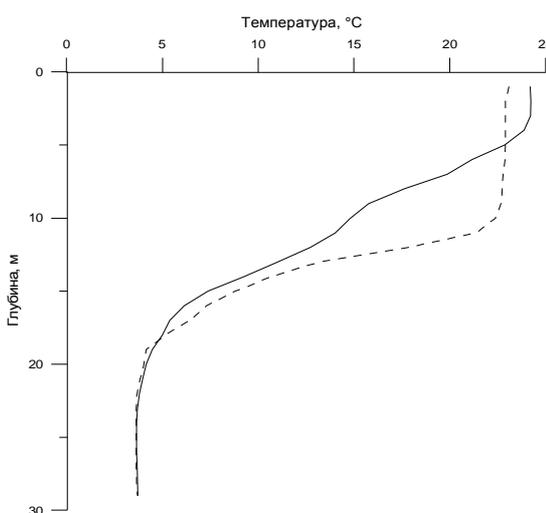


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры на станции 8F по данным за 16 (сплошная линия) и 22 (пунктирная линия) июля 2010 г.

Следующим методическим вопросом был выбор горизонта измерений. Безветренная и жаркая погода в период первой половины июля способствовала прогреву поверхностных слоев воды и слабой выраженности верхнего перемешанного слоя. Вертикальная структура вод в период проведения наблюдений имела следующие параметры (рис. 2):

– термоклин, ограниченный значениями температуры 24°C (верхняя граница) и 6°C (нижняя граница), располагался на глубинах от 5 до 15 м;

– галоклин, ограниченный значениями солености от 2.0 ‰ (верхняя граница) до 4.5 ‰ (нижняя граница), располагался на глубинах от 5 до 16 м.

На основании этого вертикального распределения характеристик для измерений был выбран горизонт 18 м, находящийся глубже и термоклина, и галоклина. Выбор был обусловлен тем, что на данном горизонте не так явно сказывается воздействие атмосферных процессов и данные наблюдений меньше зашумлены их влиянием. Выбор оказался удачным. Стоит отметить, что по данным повторного профилирования в той же точке (рис. 2) было установлено, что динамическое перемешивание вод под воздействием атмосферных процессов, в частности мощного шторма 17–19.07, этого горизонта не достигло. Как видно из рисунка, в результате ветро-волнового воздействия произошло заглупление верхнего перемешанного слоя с 4 до 14 м, обострение градиента температуры в термокline с 1.1° до 2.5°С/м, тогда как изменчивость характеристик на глубине 18 м была минимальна.

Инструментальные измерения были дополнены и сопоставлены с полем геострофической циркуляции на глубине 20 дабар и на динамических разрезах, полученных по данным океанографической съемки, выполненной с помощью CTD-зонда (SBE-19). За нулевую поверхность принят горизонт 75 дабар, расчеты динамических высот и течений проведены по методике [8]. Структура полей геострофической циркуляции, показанных на рис. 3, отражает общий циклонический перенос вод на рассматриваемой акватории: в северной части залива воды текут на запад, а в южной – на восток.

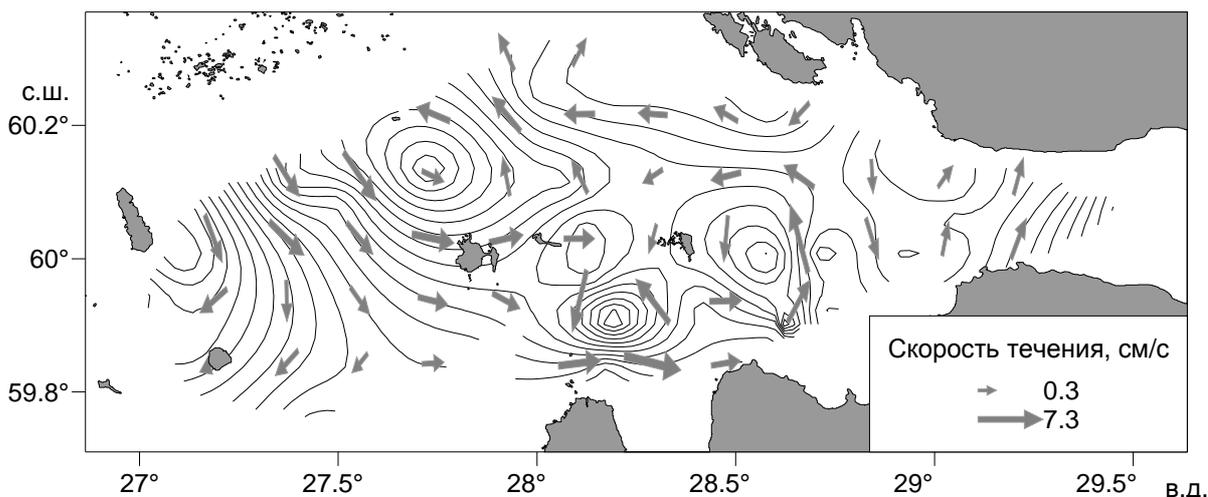


Рис. 3. Скорости и направления течений на динамической поверхности 20 дабар относительно глубины 75 дабар по данным съемки 15–22 июля 2010 г. (изолиниями на карте обозначены динамические высоты, проведенные через 1 дин.см).

Эта картина в целом совпадает с имеющимися в литературе представлениями об общей циркуляции вод Финского залива [1, 11]. Скорости течений незначительны и в среднем составляют 3–4 см/с в северной части залива и 5–6 см/с в южной. Полученная картина не вполне совпадает с имеющимися представлениями [11] о максимальных скоростях течений: наиболее интенсивным, по этим данным, должен быть поток в северной части залива. Максимальные скорости течений зависят от района наблюдений, и наибольшие значения в основном относятся к течениям восточного и западного направлений, что связано с широтной протяженностью залива. В распределении направлений в северной части залива отмечается преобладание течений, направленных на запад, а в южной части – на восток. На фоне основного потока в северной части залива прослеживается цепочка из трех круговоротов: двух антициклонических на периферии и одного

циклонического в средней части потока. В южной части залива на фоне основного переноса прослеживаются два циклонических круговорота. Нисходящие потоки доминируют в северной части залива, за исключением района севернее о. Мощного, в котором, как и в южных районах залива, доминируют восходящие потоки.

Результаты контактных измерений течений представлены на рис. 4 в виде отдельных векторов, направление и длина которых отражает характеристики течения. Для наглядности под векторами указана скорость течения (в см/с). Измеренные скорости течения составляют от 4 до 57 см/с. Сразу видно, что эти скорости на порядок превосходят значения, рассчитанные динамическим методом. Однако в большинстве случаев направления течений совпадают. Осредненный по площади коэффициент корреляции для направления течений составляет 0.87, что превышает уровень значимости. Столь высокий коэффициент корреляции позволяет предположить по крайней мере качественное соблюдение геострофического баланса сил для глубоководного района залива и горизонтов ниже слоя скачка. Наибольшие из измеренных скоростей течений отмечаются на границах интенсивных круговоротов, выделенных динамическим методом. По данным контактных измерений хорошо прослеживаются циклонические круговороты севернее и юго-восточнее о. Мощного и генеральный перенос вод на восток на траверзе маяка Шепелевский. Расхождения в направлении течений наблюдаются в восточной части полигона, что, вероятно, связано с ограничениями в применении динамического метода.

Из литературных источников [7, 9, 11] известно, что в системе течений в Финском заливе прослеживается определенная закономерность: чем уже район залива, тем сильнее и однороднее характер течений; с увеличением ширины залива течения ослабевают [9], за исключением мощного выносного течения в северной части залива. В летний период можно проследить следующую особенность [11]: при штилях и слабом ветре вдоль северного побережья Финского залива прослеживаются выносные (стоковые) течения. Скорость этих течений с генеральным западным направлением составляет до 10–20 см/с [10, 12]. В открытых районах залива эти относительно постоянные потоки формируют многочисленные циркуляции вод различного диаметра, в которых скорость течений обычно не превышает 5–7 см/с.

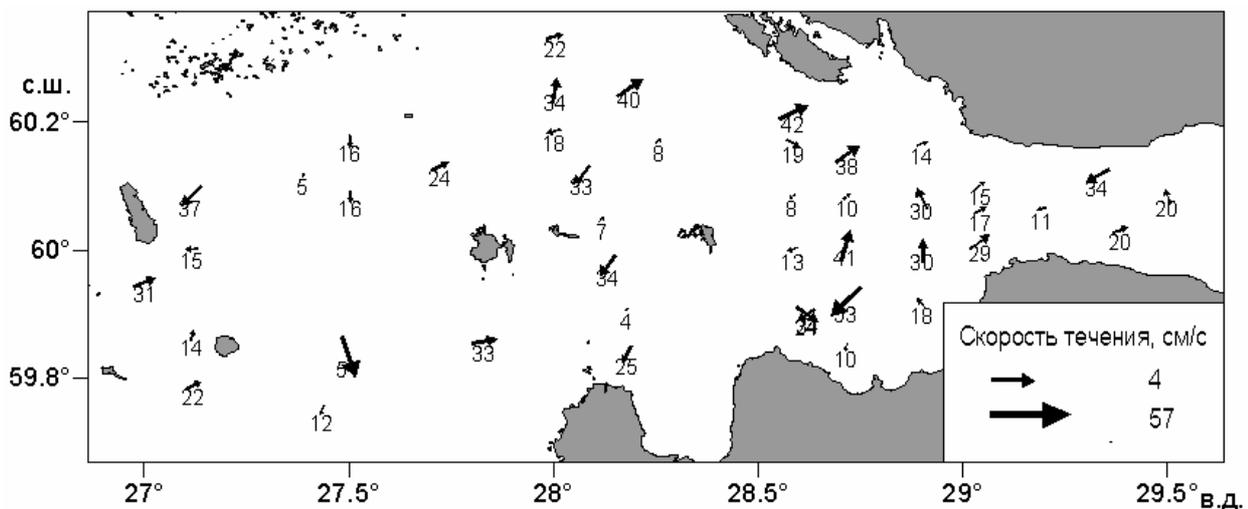


Рис. 4. Скорости и направления течений по данным измерений на глубине 18 м по данным съемки 15–22 июля 2010 г.

Общая схема средней циркуляции подповерхностных вод в заливе, охватывающей слою воды, слабо подверженные влиянию ветра [11] (рис. 5), в общих чертах сходится с

данными наблюдений, выполненных летом 2010 г. (рис.3, 4). Вдоль южного берега залива преобладает поток вод, направленных на восток; вдоль северного берега наблюдается хорошо выраженное течение, направленное на запад. Основное отличие картин распределения течений – более высокие средние скорости течений, полученные по данным измерений, по сравнению с результатами моделирования. Вторая отличительная особенность – наличие, по данным наблюдений, северо-восточного переноса вод в придонном слое на границе глубоководного и мелководного районов залива. Возможно, было зарегистрировано придонное компенсационное течение, столь мощно развитое вследствие четко выраженной летом 2010 г. слоистости водной толщи. Западнее, в глубоководном районе наблюдались многочисленные круговороты, что в целом согласуется с результатами моделирования [11]. Течения, особенно на границе этих круговоротов, были примерно в 2 раза интенсивнее течений, измеренных в мелководном районе и северной части залива. Тем не менее зарегистрированные летом 2010 г. течения не превысили максимальных возможных оценок (до 60 см/с), приведенных в работе [11].

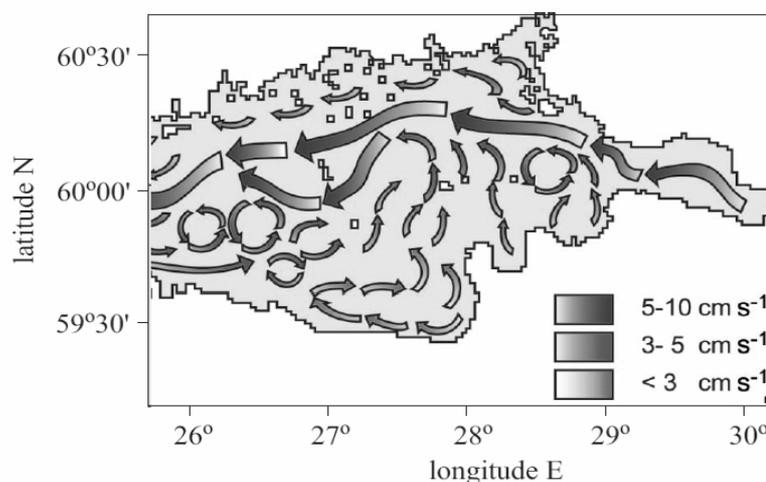


Рис. 5. Схематическая карта циркуляции в слое 2.5–7.5 м по данным математического моделирования за период с сентября по август 1997 г. [12].

Известно [1, 11], что в зависимости от скорости, направления и продолжительности действующего ветра картина течений в заливе быстро меняется. На фоне течения в целом стокового характера возникают крупные и мелкие аномалии, которые могут быть как долговечными, так и быстроисчезающими, возникая вновь в этом или другом месте и с другими характеристиками. Например, повторное выполнение ст.Ф8 (см. рис. 1) через пять дней показало, что после прохождения над районом атмосферного фронта направление течения на горизонте изменилось на 100 градусов, а его скорость возросла на 10 см/с. Согласно [11], подобные колебания скорости течения с периодом 4–5 дней характерны для залива. При ветрах западных и юго-западных направлений возникают встречные поверхностные течения, ослабляющие стоковые течения из вершины залива, что способствует нагонным явлениям и развитию вихревых циркуляций в заливе.

Вертикальная структура течений залива обусловлена существующей неоднородностью распределения термохалинных характеристик, т. е. вертикальной стратификацией вод. Стратификация водных масс создает условия для динамических процессов в верхнем квазиоднородном, промежуточном и глубинных слоях [10]. В верхнем квазиоднородном слое течения обусловлены атмосферными процессами, в нижних слоях развиваются компенсационные противотечения. В мелководной части залива, где глубина не превышает 20–30 м, вертикальная структура течений существенно зависит от колебаний

уровня. Она может быть однослойной, при условии достаточно сильных нагонов/сгонов, вовлекающих в движение всю массу воды, или двухслойной, характерной для стабильной барической обстановки и отсутствия резких колебаний уровня воды [1, 11]. Результаты измерений показали, что вертикальный профиль течений имеет сложную структуру, когда относительно однородные слои чередуются прослойками с различными направлениями и скоростями течений. Результаты измерений профилей представлены в таблице, местоположения выполненных станций обозначены на рис. 1 как станции 2UGMS и 4UGMS.

Таблица

Характеристики скоростей и направлений течений, полученные по данным расчетов на динамических разрезах и инструментальных измерений

Горизонт, м	Скорость, см/с	Направление, градус	Скорость, см/с	Направление, градус
	2UGMS (измер.)		2UGMS (расч.)	
3	20	170	8	310
9	13	350	8	310
13	13	355	7	300
18	10	50	7	280
	4UGMS (измер.)		4UGMS (расч.)	
6	38	170	5	170
11	36	185	4	170
18	37	210	4	175

Примечания: Ст.2UGMS выполнялась с 13.20 по 14.00 16.07.2010 г. в точке 60°05' с.ш. и 28°43' в.д. (глуб. 37 м). Ст. 4UGMS – с 21.10 по 21.40 18.07.2010 г. в точке 60°07'с.ш. и 27°23,5' в.д. (глуб. 57 м). Расчеты проводились относительно изобарической поверхности 75 дабар, направление течений определялись с точностью до 5 градусов.

Измерения были проведены не только в разных районах полигона, но и при различных синоптических условиях. Станция 2UGMS выполнялась в условиях установившегося антициклонального типа погоды при стабильном состоянии барического поля и отсутствии колебаний уровня. В результате наблюдалась хорошо выраженная двухслойность вод. Направление верхнего и нижнего потоков различаются на 120 градусов. Измерения на ст. 4UGMS были выполнены уже после прохождения атмосферного фронта, когда после сильных нагонов и сгонов структура течений стала однослойной, а скорость течения возросла в 3 раза.

Измеренные и рассчитанные динамическим методом характеристики течений приведены в таблице. Как видно, измеренные и рассчитанные скорости течений сильно отличаются друг от друга, тогда как существует удовлетворительное согласие направлений измеренных и рассчитанных течений. Результаты измерений, проведенных в условиях маловетреной погоды (ст. 2UGMS), значительно расходятся с данными расчетов, тогда как результаты измерений, выполненных на оси устойчивого залива вод (ст. 4UGMS), наоборот, находятся в приемлемом согласии с ними по направлению течений.

Таким образом, обобщая результаты нашего опыта инструментальных измерений течений, следует отметить, что сравнение рассчитанных скоростей геострофической

циркуляции с инструментальными измерениями течений показало качественное согласие между ними только по направлению течений. Модуль скорости течения по данным контактных измерений превышает его значения, рассчитанные динамическим методом, в 2–8 раз. Результаты измерений подтверждают имеющиеся качественные представления о циклонической циркуляции подповерхностных вод в восточной части Финского залива. Однако в данных наблюдений обнаруживаются и черты, характерные для уникальной гидрологической ситуации, сложившейся летом 2010 г., а именно заток вод из мористой части залива в мелководный район в придонном слое.

В последующем было бы желательным целенаправленное исследование данных на регулярной основе по специально разработанным программам. Эти наблюдения позволили бы оценить с помощью современных инструментальных средств изменчивость скорости и направления течений – главного фактора в механическом перераспределении биогенных веществ и планктона. Длительные инструментальные измерения позволили бы верифицировать модель мониторинга в динамической ее части, провести оценки адвекции морских вод в мелководную часть залива, вести комплексный контроль над важными процессами, влияющими на формирование биопродуктивности акватории.

Литература

1. Экосистемные модели. Оценка современного состояния Финского залива / Под ред. И.Н. Давидана, О.П. Савчук. Вып.5. Ч.II. СПб: Гидрометеоиздат, 1997. 445 с.
2. *Witting R.* Zusammenfassende übersicht der hydrographie der Bottnischen und Finnischen Meerbusens und der Nördlichen Ostsee nach den untersuchungen bis enge 1910 // *Finnl. Hydrogr. Biolog. Untersuchung.* Helsingfors, 1912. 82 s.
3. *Бильдерлинг В.П., Рудовиц Л.Ф.* Балтийское море. Петроград: Изд-во ГГУ, 1923. 48 с.
4. *Palmen E.* Untersuchungen über die Strömungen in der Finland ungebendeden Meeren // *Soc. Sci. Fen.Com. Phys.-Math.* Helsinki, 1930. V.5, N 12. 94 s.
5. *Соскин И.М., Кузнецова Л.Н., Соловьева В.И.* Течения Балтийского моря на основе обработки гидрологических наблюдений динамическим методом // *Тр. ГОИН*, 1963. Вып.73. С.76–95.
6. *Бетин В.В., Пантелеев П.В.* Постоянные течения Финского и Рижского заливов // *Сб. работ ЛГМО.* Вып.3. Л., 1966. С.3–45.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Т.3. Балтийское море. Спр. изд. / Под ред. Ф.С.Терзиева, В.А.Рожкова, А.И. Смирновой. Вып.1. Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 450 с.
8. *Зубов Н.Н., Мамаев О.И.* Динамический метод вычисления элементов морских течений. Л.: Гидрометеоиздат, 1956. 116 с.
9. Электронная версия атласа поверхностных течений для Финского залива Балтийского моря по данным натурных измерений в 60-е годы. СПб., 2007.
10. *Истомина М.Э.* и др. Изменчивость термодинамических процессов в Балтийском море // *Сб. работ Ленинградской ГМО*, 1981. Вып.12. С.34–40.
11. *Soomere T., Myrberg K., Lepparanta M., Nekrasov A.* The progress in knowledge of physical oceanography of the Gulf of Finland: a review for 1997-2007 // *Oceanologia*. 2008. 50. P.287–362.
12. *Andrejev O., Myrberg K., Lundberg P.A.* Age and renewal time of water masses in a semi-enclosed basin – application to the Gulf of Finland, *Tellus A*. 2004, 56 (5). P.548–558.

Статья поступила в редакцию 25.10.2010 г.

