

Бесплатно.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П.П.ШИРШОВА

На правах рукописи

Сильдам Юри Харриевич

ГИДРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ
ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

И.00.08 - океанология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Москва 1991

Работа выполнена в Институте экологии и морских исследований Академии наук Эстонии.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук, профессор А.М.Айтсам.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук И.Д.Лозовацкий,

кандидат физико-математических наук С.Н.Овсиенко.

Ведущая организация:

Ленинградский гидрометеорологический институт.

Защита диссертации состоится "29" октября 1991 г.
в ..14.. часов на заседании Специализированного совета
К 002.86.02 в Институте океанологии им. П.П.Ширшова АН СССР по
адресу: 117218 Москва, ул. Красикова, д.23

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
океанологии им. П.П.Ширшова АН СССР

Автореферат разослан "28" сентября 1991 г.

Ученый секретарь Специализированного
совета, кандидат географических наук

С.Г.Панфилова

I

Актуальность проблемы.

Распределение концентрации взвешенных частиц в верхнем слое занимает важное место в изучении состояния экосистемы Балтийского моря. В последние десятилетия дистанционные и контактные измерения концентрации взвешенных частиц выявили существенную пространственную неоднородность в его распределении. В виду значительной перемежаемости концентрации взвешенных частиц, особое внимание в настоящее время уделяется мезомасштабным гидрофизическим процессам формирующим неоднородности гидрологических полей рассматриваемых масштабов.

Существует мало совместных измерений физических параметров и концентрации взвешенных частиц с высоким разрешением по пространству. Осуществление таких измерений и совместный анализ результатов является актуальной задачей для понимания причин наблюдаемого распределения концентрации взвешенных частиц, в частности жизнедеятельности планктона. Наряду с широко используемыми флуоресцентными методами, позволяющими по количеству хлорофилла судить об интегральном распределении биологических полей, введение методов счета концентрации взвешенных частиц по их размерному составу, используемых в настоящей работе, позволяет дифференцировать влияние гидрофизических процессов как на отдельные виды планктона, так и на взвесь другого происхождения.

Степень неконсервативности взвеси биологического происхождения во многом зависит от вертикальной компоненты поля скорости (w), которая при прочих равных условиях параметров окружающей среды, влияющих на источники и стоки взвеси, становится

определившим фактором в формировании световых условий и поступления биогенов в верхний эвфотический слой. Экспериментальные измерения w с необходимым пространственно-временным разрешением по техническим причинам затруднены. Поэтому, актуальной задачей является получение статистической оценки, позволяющей судить о гидрофизических процессах по структуре взвешенных частиц.

Исходя из вышеизложенного, были определены основная цель и задачи работы.

Цель и задачи работы.

Цель работы заключалась в исследовании обусловленности генерации и эволюции неоднородного распределения взвешенных частиц гидрофизическими процессами. Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд конкретных задач:

- 1) Разработать методику совместных измерений горизонтальных неоднородностей концентрации взвешенных частиц в верхнем слое моря и мезомасштабных неоднородностей термохалинных полей в контролируемых гидрометеорологических условиях.
- 2) Провести комплекс статистических расчетов флуктуаций концентрации взвешенных частиц с целью выявления характерных масштабов изменчивости, и установление зависимости с параметрами гидрологических и метеорологических полей.
- 3) Оценить влияние ветровых и геострофических течений на формирование неоднородностей концентраций взвешенных частиц.
- 4) Объяснить возможные причины пятнистости с привлечением методов математического моделирования.

Научная новизна.

На основе большого количества комплексных квазинепрерывных

измерении распределения концентрации взвешенных частиц в диапазоне 1-4 и 28-73 мкм., температуры и солёности, получены новые сведения о характере совместного распределения отмеченных полей. Показано существование перемежаемости взаимосвязанности распределения взвешенных частиц с неоднородностями полей температуры и солёности. Выявлены физические, причины определяющие степень коррелированности отмеченных полей.

Выявлены горизонтальные неоднородности распределения взвешенных частиц в верхнем слое моря с характерными масштабами 12-13 и 55-66 км. (рис.1) во время и в конце весеннего цветения планктона соответственно.

Установлены статистически устойчивые сезонные изменения мезомасштабной структуры взвешенных частиц 28 - 73 мкм (рис.2,3). Максимальные значения относительных амплитуд мезомасштабных структур приходились на время весеннего, летнего и осеннего цветений фитопланктона.

Показано, что существенная неоднородность распределения взвеси, во время повышенной биологической активности может быть объяснена пространственной перемежаемостью вовлечения генерированной сдвиговой неустойчивостью в перемежающем поле вертикальной компоненты квазигеострофического вихря.

Прикладное значение.

Полученные в работе результаты можно использовать для физического обоснования параметризации процессов подсчетного масштаба в моделях взаимодействия атмосферы и океана. Полученные результаты позволяют существенно уточнить представление влияния гидрофизических процессов на жизнедеятельность и распределение планктона. Представленная в работе характеристика распределения

концентрации частиц может быть полезной при построении схемы комплексного мониторинга Балтийского моря. Полученные данные о характере вертикального обмена веществом между верхним и нижним слоями моря могут быть использованы при прогнозе биологически наиболее продуктивных районов моря.

Апробация работы и публикации.

Основные результаты диссертации доложены на 15-ой Конференции балтийских океанографов (Копенгаген, 1986), на 16-ой Конференции балтийских океанографов (Киль, 1988), на 3-ем Конгрессе советских океанологов (Ленинград, 1988), на всесоюзной школе по турбулентности (Таллинн, 1988), на семинарах в ИО АН СССР и ИТЭФ и ИЭМИ АН Эстонии. По теме диссертации опубликовано 8 работ.

Объем и структура диссертации.

Диссертация изложена на 95 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающей 22 наименований. Диссертация содержит 34 рисунков и 7 таблиц. Общий объем работы 140 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования и в виде краткой аннотации излагается основное содержание работы.

Цель первой главы заключается в обобщении и критическом анализе результатов работ, посвященных исследованию физических механизмов формирования пространственно-временной структуры концентрации взвешенных частиц (КВЧ).

В первых двух параграфах приводятся предварительные сведения о природе и размерном составе взвешенных частиц. Отмечается, что частицы с размерами более 1 мкм имеют в основном биогенное происхождение. Концентрация частиц размеров ~ 1 мкм превышает концентрацию больших частиц на несколько порядков. В силу большей площади больших частиц, их роль в физико-химической и биохимической активности также увеличивается.

Пространственно-временная характеристика структуры и определяющих физических факторов является предметом исследования третьего параграфа.

Рост или источник, или функция роста планктона (последний термин будет использоваться, когда необходимо подчеркнуть зависимость от пространственных координат), зависит от двух лимитирующих факторов: света и питательных веществ. Оба фактора выделяют физические вертикальные процессы в качестве основных.

Из критического анализа работ, посвященных вопросу пятнистости планктона, следует, что как правило пространственное распределение функций роста задается достаточно произвольно. Задание вида функции роста и результирующее распределение концентрации взвешенных частиц можно свести к двум случаям: 1) при распределении функции роста в виде белого шума, в пространственном спектре КВЧ, помещенного в поле турбулентности, будет существовать критический масштаб, обозначающий увеличение наклона спектра в сторону больших волновых чисел и определенный отношение скорости роста к коэффициенту турбулентной диффузии; 2) в случае существования пика в пространственном спектре функции роста, такой же пик будет наблюдаться в спектре КВЧ.

В работе показывается, что в настоящее время существуют

лишь некоторые, связанные с динамикой синоптических вихрей и мезомасштабных струйных течений, предпосылки для ввода характера гидрофизической обусловленности функции роста.

Цель второй главы заключается в выявлении характерных особенностей в распределении взвешенных частиц и предложении статистической оценки, которая позволила бы проследить пространственно-временные изменения выявленных характерных структур по данным экспедиционных измерений.

В первом параграфе приводятся результаты экспедиционных измерений, выполненных другими авторами, которые включают в себя также определение структуры биогенной взвеси во взаимосвязи с неоднородностями гидрофизических полей. В результате анализа ряда работ, где исследуется распределение биогенной взвеси на синоптических полигонах, показывается неоднозначность интерпретации пространственного распределения взвеси, часто связанная с преобладанием мезомасштабной изменчивости планктона. Отмечается, что трудности экспериментального определения физических причин генерации мезомасштабной неоднородности, связаны со сложностью определения вертикальной компоненты крупномасштабного поля скорости, которая в свою очередь связана с необходимостью оценки производных горизонтальных компонент скорости по данным экспедиционных измерений.

Во втором параграфе излагаются методические аспекты измерений горизонтального распределения концентрации взвешенных частиц и гидрофизических параметров. Кратко описываются методы измерений структуры концентрации взвешенных частиц. Отмечается изменчивость корреляции между частицами разных размерных групп и флуоресценции хлорофилла "а". Описывается измерительный комплекс,

использованный в настоящей работе, состоящий из автоматической метеорологической станции "Мидас" и проточного лабораторного комплекса. Принцип измерения концентрации взвешенных частиц счетчиком фирмы Хайак Ройко основывался на блокировке светового пучка частицей, проходящей между лампой и фотодиодом. Амплитуда электрического сигнала на выходе фотодиода пропорциональна площади проекции частицы. К двум оптическим датчикам, рассчитанным для счета частиц от 1-60 и 28-1000 мкм соответственно, вода, предварительно проходящая через механические фильтры, подавалась при помощи насоса, расположенного в центре судна в оптической шахте, на глубине 5 м. Счет количества частиц проводился в течении 10 или 23 секунд. Выбор времени счета был продиктован необходимостью выбора между пространственным разрешением и масштабом осреднения. Временной интервал между регистрацией последующих циклов определялся временем счета и равнялся 1 или 2 минутам соответственно. Пространственный интервал измерений изменялся от 150 до 400 м, в зависимости от скорости судна и времени счета. Измеряемый диапазон размеров частиц автоматически разделялся на 12 каналов, по 6 каналов на каждый датчик. По методическим причинам дальнейшему анализу подвергались лишь частицы в размерном диапазоне 1-2 мкм (в дальнейшем малые частицы) и 28-73 мкм (в дальнейшем большие частицы), которые составляли основную часть из общей концентрации частиц, проходящих мимо соответствующего датчика.

В работе использованы данные распределения КВЧ и сопутствующих гидрометеорологических параметров, собранных в течении 5 лет из 19 экспедиции НИС "А. Веймер", выполненные в Балтийском море. В конце второго параграфа, кратко изложены

основные положения авторегрессионной оценки случайной последовательности, используемой в нижеизложенном анализе.

Задача третьего параграфа заключалась в выявлении наличия характерных масштабов горизонтальных неоднородностей взвешенных частиц и в предложении статистической оценки, позволяющей объективно оценить изменчивость структуры КВЧ.

Для выявления характерных масштабов, спектральному анализу подвергалось распределение КВЧ, измеренное на разрезе, расположенном между Готландской впадиной и Финским заливом. В общей сложности, измерения распределения взвеси во время весеннего цветения, в период 1985 и 1986 гг., выполнялись шесть раз. Длина выполняемого разреза составила 300 – 400 км, несколько меняясь от измерения к измерению. Для получения спектральной оценки пространственного распределения КВЧ, использовался метод, основанный на принципе систематического сканирования, предложенном Вуудсом в 1975 г. Исследуемый ряд измерений, из которого предварительно исключались явно статистически неоднородные участки, разбивался на подвыборки, длина которых во время каждого сканирования увеличивалась. Для построения оценки спектральной функции, использовались лишь первые значения из каждого спектра, полученные в результате усреднения оценок спектров подвыборок с одинаковой длиной. Полученные оценки спектральной функции позволили определить наличие пика, приходящего на масштабы 12–13 км. и 55–66 км., во время и в конце весеннего цветения фитопланктона соответственно (рис.1).

Общая статистическая неоднородность поля КВЧ, затруднила исследование сезонной эволюции спектра в широком диапазоне волновых чисел. Поэтому необходимым являлось предложение

статистической оценки, позволяющей проследить за пространственно – временной изменчивостью наиболее интенсивных неоднородностей КВЧ.

Для количественного сравнения относительных амплитуд малых и больших частиц выделялись отдельные неоднородности или пятна в распределении взвешенных частиц по некоторому объективному критерию. Одиночное пятно определялось как неоднородность со значительным градиентом на краях. В качестве объективного критерия использовалось отношение последовательных на разрезе значений концентрации частиц $C(x)$ с относительными координатами x и $x+dx$, рассчитываемое таким образом, чтобы отношение было бы всегда больше единицы: $n = \exp|\ln(C(x+dx)/C(x))|$, где пространственный масштаб выбирался так, что бы dx был больше максимального шага измерений и меньше масштабов характерных неоднородностей. Варьируя значения n , выделялись границы пятен различной интенсивности. Определяя расположение последовательных минимумов в распределении концентрации частиц, отвечающих условию $n > m$ (где m условно выбранное число > 1), рассчитывалась площадь под кривой распределения КВЧ между выбранными точками. По определенной площади определялась высота пятна, как отношение площади к длине основания выделенного пятна и относительная амплитуда, определенная как отношение высоты пятна к значению концентрации в середине основания пятна. На примере исследования распределения к.ч. в апреле 1985 г. выделены отдельные пятна и вычислены их относительные амплитуды. Относительные амплитуды для малых частиц оказались меньшими.

С целью получения статистически значимых оценок изменчивости относительной интенсивности мезомасштабных структур взвешенных

частиц, рассчитывалась оценка дисперсий относительных амплитуд $\sigma^2 = \langle (\ln(c(x)/c(x+dx)))^2 \rangle$ на последовательных разрезах длиной 30 км. по всем имеющимся данным. Пространственный шаг выбирался равным 1.5 км. Сводный график сезонной изменчивости выявил (рис.2,3) устойчивые сезонные изменения σ^2 , с максимальными значениями во время весеннего и осеннего цветения фитопланктона, а также в октябре месяце. Существенный разброс σ^2 в это время обуславливался пространственно - временной неоднородностью дисперсий мезомасштабных структур.

Задачи третьей главы заключались в следующем: в определении взаимосвязанности структуры концентрации взвешенных частиц с неоднородностями температуры и солености и с ветровыми условиями; в выявлении гидрофизических факторов, формирующих структуру взвешенных частиц; в формулировании требований, предъявляемых к моделированию гидрофизической обусловленности структуры взвешенных частиц.

Взаимосвязанность структуры КВЧ с неоднородностями температуры и солености исследовалась на основании первых четырех примеров. Из первого примера, основанного на данных распределения КВЧ, температуры и солености, измеренных на глубине 5 м. вдоль разреза, расположенного между Готландской впадиной и Финским заливом, следовало, что корреляция между исследуемыми параметрами, может изменяться от статистически значимых значений до полного отсутствия взаимосвязанности.

Второй пример основывался на комплексных измерениях СТД и КВЧ, выполненных на полигоне с размером 15 на 9 морских миль, в устье Финского залива во время осеннего цветения сине-зеленых водорослей. Из анализа совместного распределения полей КВЧ, T и

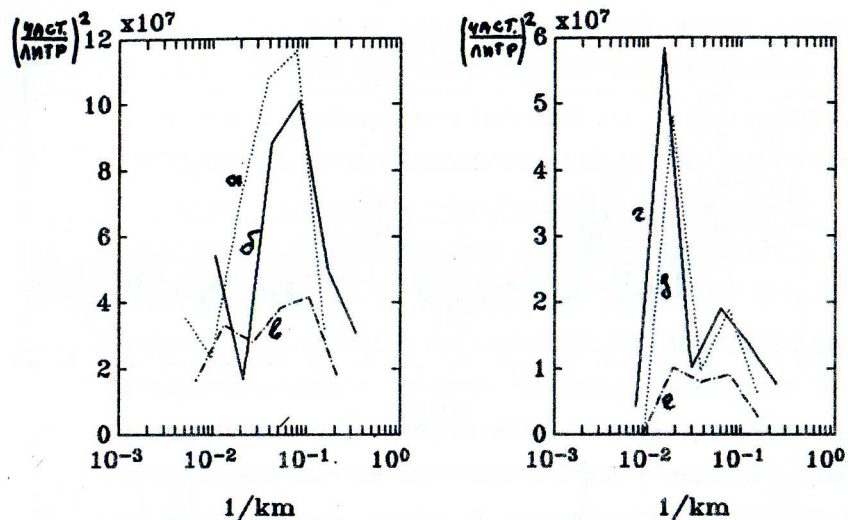


Рис.1 Спектры пространственного распределения КВЧ, рассчитанные по измерениям, выполненным в центральной части Балтийского моря в 1985 и 1986 гг. во время (а,б) и в конце (в,г,д,е) весеннего цветения диатомовых водорослей.

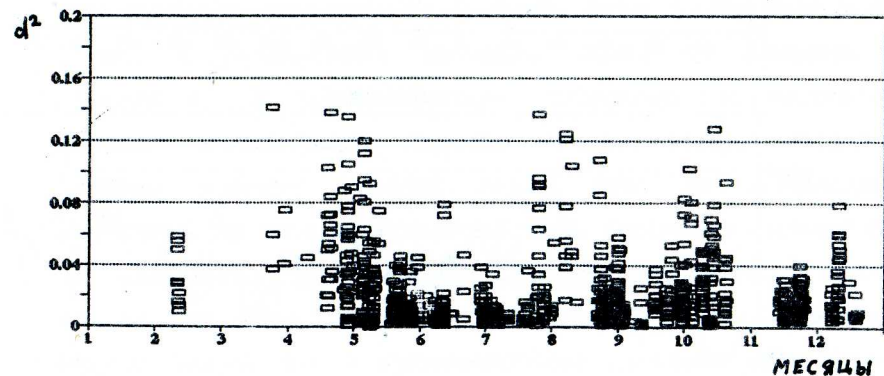
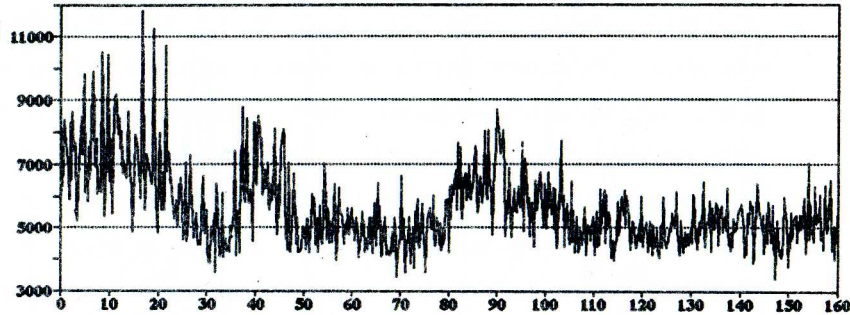
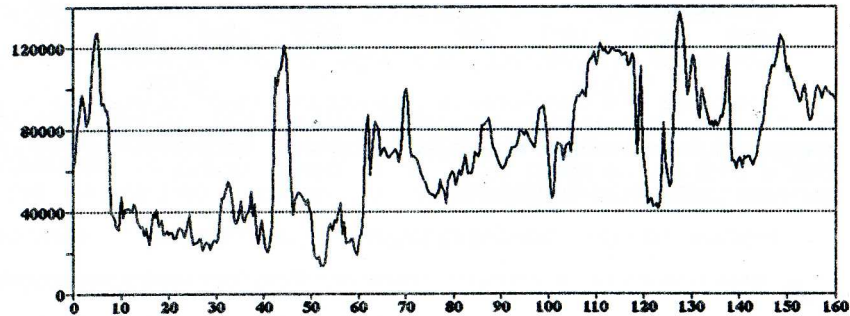


Рис.2 Сводный график эмпирических оценок σ^2 для частиц размерного диапазона 28-42 мкм в зависимости от месяца года.

10.02.1991

ЧАСТ.
ЛИТР

07.05.1986



10.06.1986

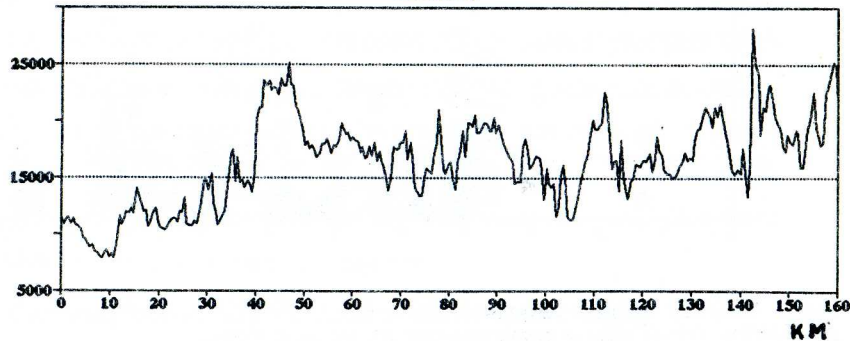


Рис.3 Примеры характерного распределения КВЧ (28-42 мкм) в центральной части Балтийского моря зимой (а), во время весеннего цветения (б) и летнего минимума концентраций (в) фитопланктона.

5. выяснилось, что в условиях устойчивой летней стратификации максимумы "полосатого" распределения КВЧ приурочены к склону соленостных (следовательно и плотностных) неоднородностей.

Третий пример был основан на исследовании распределения КВЧ во время цветения синезеленых водорослей в районе квазистационарного соленостного фронта, расположенного в Финском заливе к западу от о. Найссаар. В результате полигонных СТД измерений было выявлено существование меандра приповерхностного квазигеострофического течения. Максимум концентрации взвешенных частиц совпадал с менее солеными водами поверхностного слоя, существующими над циклоническим внутритермоклинным возмущением. Комплексный разрез измерений вертикального распределения КВЧ, выполненного при помощи насоса лебедки, температуры и солености, через юго-западную часть меандра, показал приуроченность максимума вертикального градиента крупных частиц к пикноклину. Зона максимума вертикального градиента мелких частиц было более размыто и располагалось несколько глубже по сравнению с пикноклином. В районе меандра наблюдалось мезомасштабное локальное куполообразное поднятие изопикн, которое послужило причиной поднятия холодных водных масс со значительным количеством биогенов в эвфотический слой. Увеличение значений КВЧ при этом, могло объясняться как динамикой квазигеострофического течения, вследствие поднятия биогенов на антициклонической стороне фронта, так и крупномасштабной динамикой вертикальных движений изопикнических поверхностей.

Четвертый пример, основанный на данных совместных измерений большого разрешения проточного и буксируемого СТД комплексов, полученных на синоптическом полигоне расположенном к юго-западу

от о. Готланд, во время спада весеннего цветения планктона, позволил определить взаимосвязанность мезомасштабных структур, исследуемых полей. В результате было выявлено существование полосатого распределения солености поверхностного слоя, на фоне крупномасштабного мейандра, выявленного в результате предварительной крупномасштабной съемки STD зондирований (Elken *et al.* 1987). В центре полигона наблюдалось совпадение локальных минимумов температуры и КВЧ. Вертикальное распределение температуры вдоль разреза показало, что наблюдаемый приповерхностный температурный минимум был связан с "языком" холодной воды простирающимся от галоклина до поверхности. Среднесуточная скорость течения, измеренная на глубине 23 м. в центре полигона, равная 10 см/с, свидетельствовала о наличии относительно сильного квазигеострофического течения в приповерхностном слое.

В последних четырех примерах сопоставлены ветровые условия с интенсивностью структуры КВЧ. Показано, что амплитуды мезомасштабных неоднородностей КВЧ часто увеличивались во время усиления ветра.

Во втором параграфе, основываясь на результатах первых двух глав и выше изложенных примеров, изложена общая концепция гидрофизической обусловленности формирования пространственной структуры концентрации взвешенных частиц. Если предположить, что в начале исследуемые параметры в пределах верхнего перемешанного слоя (ВПС) однородны, то гидрофизическая обусловленность формирования структуры взвешенных частиц, будет определяться динамикой ВПС, включающей в себя, при отсутствии термической конвекции, вовлечение, дивергенцию квазигеострофического и

Экмановского потоков.

Известно, что дивергенция квазигеострофического течения имеет свойство подавления инерционных колебаний верхнего слоя (Weller 1982). Сопоставление спектров горизонтальных компонент течения в приповерхностном слое (по данным 4-го примера) во время усиливающегося ветра и после усиления, показало подавление амплитуды инерционных движений во время усиливающего ветра, при сдвиге частоты колебаний влево от локальной инерционной частоты. Установленная модуляция околоинерционных движений дала основание объяснить существование мезомасштабных минимумов температуры и КВЧ, как результат апвеллинга открытого моря. Генерация дивергенции квазигеострофического течения могла быть связана с динамикой крупномасштабного мейандра, а наблюдаемая полосатая термохалинная структура с адвекцией изопикнического потенциального вихря (ИПВ), приуроченного к динамике крупномасштабных процессов. Подтверждением последнего, при выполнении условия $Ro \ll 1$, служит полученная статистически значимая корреляция ($r=0.83$) между расстоянием между изопикнами 6.3 и 6.4 σ_t и средней температуры соответствующего слоя. В работе показано, что наблюдаемое распределение ИПВ, связано с весенним формированием ИПВ в результате адвекции менее соленых водных масс в верхнем слое моря.

С целью получения количественной оценки влияния ветра на мезомасштабную неоднородность КВЧ, из имеющихся данных квазинепрерывных измерений КВЧ и модуля скорости ветра $|v|$, измеренных во время движения судна, были выбраны те ситуации, когда условия тихой погоды в течении нескольких суток предшествовали усилению ветра, при его постоянном направлении.

Коэффициент корреляции между оценкой σ^2 и $|v|^2$, рассчитанных по участкам длиной 30 км., равнялся 0.51. Временной масштаб интенсификации мезомасштабных неоднородностей, равнявшийся примерно инерционному периоду, дал возможность предположить значимость процессов вовлечения. С целью объяснения возможных причин генерации мезомасштабных горизонтальных неоднородностей взвешенных частиц, предложена физическая модель, основанная на идее оценки вклада перемежаемости скорости вовлечения на нижней границе ВПС и горизонтальной неоднородности распределения концентрации взвешенных частиц или их функции роста C_0 под перемешанным слоем. Скорость вовлечения на нижней границе верхнего перемешанного слоя за счет сдвиговой неустойчивости течения принималась равной разнице критической (h_c) и наблюдавшейся глубине (h) умноженной на обратную величину временного масштаба пропорциональной инерционному периоду ($a \cdot f$). Критическая глубина h_c , при постоянном критическом числе Ричардсона, является функцией от тангенциального напряжения ветра, вихря, и дивергенции квазигеострофического потока. Значение h_c меняется в пространстве, имея меньшие значения в районе отрицательной и большие значения в районе положительной завихренности. (Klein & Hua 1989).

Для оценки влияния вертикального перемешивания на содержание взвешенных частиц в верхнем перемешанном слое, при предположении равенства нулю горизонтальных компонент скорости, было выписано выражение для содержания примеси в верхнем перемешанном слое $h_c C$ в момент достижения последнего критической глубины перемешивания: $h_c C = h_i C_i + (h_c - h_i) C_o$, где h_i , C_i - исходные значения глубины и концентрации взвешенных частиц ВПС. С целью сопоставления

характеристики структуры взвешенных частиц, с ранее введенной величиной $C(x)/C(x+dx)$, из приведенного уравнения содержания КВЧ в ВПС, выписывались значения КВЧ для двух точек разреза $C_1(x)$ и $C_2(x+dx)$ и находилось соответствующее соотношение. Из двух крайних случаев, когда присутствовал либо только вертикальный т.е. $C \neq C_o$, либо горизонтальный градиент т.е. $C_{o1} \neq C_{o2}$, соответствующие соотношения равнялись: $C_1/C_2 = h_{c2}/h_{c1}$ и $C_1/C_2 = C_{o1}/C_{o2}$. Учитывая результат численных исследований Клайна и Хуа (Klein & Hua 1989), изменение h_c относительно средней по пространству, может составлять $\sim 10\%$. Следовательно, генерацию интенсивных мезомасштабных структур, проявляющихся в виде пика в пространственном спектре КВЧ, следует связывать мезомасштабной структурой функции роста. Гидрофизическая обусловленность функции роста, в свою очередь, указывает на существование перемежающейся структуры вертикального компонента скорости крупномасштабных течений.

В заключении изложены основные результаты и выводы.

1. Обобщены основные результаты исследований гидрофизических факторов, формирующих пространственно-временную структуру взвешенных частиц.

2. Выявлено доминирование мезомасштабной изменчивости пространственного распределения взвешенных частиц во время весеннего цветения фитопланктона. Получена оценка спектра пространственного распределения взвешенных частиц, с пиком на масштабах 12-13 км во время и 55-65 км в конце цветения планктона.

3. Установлено статистически устойчивое сезонное изменение

дисперсий относительных амплитуд мезомасштабных горизонтальных неоднородностей концентрации взвешенных частиц (σ^2) размерами 28 - 73 мкм с максимальными значениями во время весеннего (апрель - май), летнего (август) и осеннего (октябрь) цветений фитопланктона. Показано, что дисперсия относительных амплитуд мезомасштабных неоднородностей малых частиц (1 - 2 мкм) имела всегда меньшие значения относительно σ^2 частиц размерами 28 - 73 мкм.

4. Проведен анализ взаимосвязи концентрации взвешенных частиц с неоднородностями полей температуры и солености. Установлена перемежаемость коррелированности отмеченных полей. Показано, что в некоторых случаях:

а) максимум концентрации взвешенных частиц, приуроченный либо к минимумам солености, либо к склонам изохалин, определяется динамикой синоптических возмущений и мезомасштабных струйных течений.

б) взаимосвязанность минимальных значений распределения температуры и концентрации взвеси определяется апвеллингом открытого моря, связанного с дивергенцией квазигеострофического течения. Особенности термохалинной структуры вод при этом могут быть объяснены адвекцией потенциального вихря.

5. Во время весеннего цветения планктона, при усиливающемся ветре, установлена генерация мезомасштабной структуры взвешенных частиц. Установлена модуляция инерционных колебаний вертикальной компонентой вихря квазигеострофического течения, пространственная неравномерность которой обеспечивает разную скорость вовлечений на нижней границе верхнего перемешанного слоя и следовательно мезомасштабную пятнистость поля концентрации взвешенных частиц.

Увеличение относительной интенсивности $C(x)/C(x+dx)$ до 2 и более возможно лишь при существовании мезомасштабного пика в спектре функции роста биогенной взвеси. Крупномасштабная пятнистость при этом может быть объяснена пространственной неоднородностью источника и стока биологических частиц, определенными крупномасштабными возмущениями изопикнических поверхностей.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Сильдам Ю., Кахру М., Нымманн С. Горизонтальная неоднородность полей температуры, флуоресценции хлорофилла и концентрации взвешенных частиц в центральной части Балтийского моря в начале весеннего цветения фитопланктона. - В сб. тезисов III Всесоюзного съезда океанологов: физика и химия океана, Ленинград, 1988, с. 91-92.
2. Нымманн С., Сильдам Ю., Кахру М. Экология прибрежного апвеллинга у о. Хийумаа в Балтийском море. В сб. тезисов III Всесоюзного съезда океанологов: физика и химия океана, Ленинград, 1988, с. 179-180.
3. Kahru M., Nommann S., Sildam J., Allikas E.. Monitoring the chlorophyll and phytoplankton concentrations: implications of spatio-temporal variability.- In Baltic Sea Environmental Proceedings, Helsinki, 1987, N.19, p.465-478.
4. Sildam J., Nommann S., Kahru M. Effects of Environmental Variability on Phytoplankton Patchiness. - In Proceeding of the 15-th Conference of Baltic Oceanographers, Copenhagen, 1987, p. 582-586.
5. Nommann S., Sildam J., Noges T., Kahru M. Plankton (particles) distribution and processes during coastal upwelling event off Hiiumaa. - In In Proceeding of the 16-th Conference of Baltic

Oceanographers (abstracts), Kiel, 1989, p. 56.

6. Sildam J. Stirring and mixing of phytoplankton patches induced by variable wind field. In Proceeding of the 15-th Conference of Baltic Oceanographers, Kiel, 1989, p. 71.

7. Kahru M., Nommann S., Sildam J. Surface particle distribution and fluorescence. - In Data Report of R.V. "Polarstern" Cruise IV/1, 1987, p. 150-176.

8. Nommann S., Sildam J., Noges T., Kahru M. Plankton distribution during coastal upwelling event off Hiiumaa, Baltic Sea: impact of short-term flow field variability. Continental Shelf Research, 1991, N.1.

Академия наук СССР. Институт океанологии им. П. П. Ширшова.
С и л ь д а м Юри Харриевич. Гидрофизическая обусловленность
распределения концентрации взвешенных частиц в верхнем слое
Балтийского моря. Автореферат. На русском языке.
Подписано к печати 26.08.91. Бумага 60x84/16. Печатных лис-
тов 1,25. Условно-печатных листов 1,16. Учетно-издательских
листов 0,86. Тираж 100. Заказ № 121. Бесплатно. Ротапринт АН
Эстонии, 200001 Таллинн, бульвар Эстония, 7.