Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Цупикова

УЧЕНИЕ ОБ ГИДРОСФЕРЕ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
05.03.06 Экология и природопользование

Калининград
2023

УДК 574

Рецензент
кандидат биологических наук, доцент кафедры Водные биоресурсы и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Е. А. Масюткина

Цупикова, Н. А.
Учение о гидросфере: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **Н. А. Цупикова**. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 58 с.

В учебно-методическом пособии по лабораторным работам по дисциплине «Учение о гидросфере» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие план работ по каждой изучаемой теме, рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям, а также задания и вопросы для текущего контроля.
Табл. 2, рис. 8, список лит. – 15 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 11 мая 2023 г. протокол №13

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.
© Цупикова Н.А., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Лабораторная работа 1 – Морфометрия озера. Построение батиметрической схемы озера 7
Лабораторная работа 2 – Морфометрия озера. Измерение длины береговой линии и изобат 10
Лабораторная работа 3 – Морфометрия озера. Расчет площади водной поверхности озера и заданных горизонтов (внутри изобат) 12
Лабораторная работа 4 – Морфометрия озера. Расчет объема, средней глубины и средней ширины озера 14
Лабораторная работа 5 – Морфометрия озера. Построение батиграфических кривых 15
Лабораторная работа 6 – Построение гидрологической карты пространственного распределения температуры воды в пределах изучаемой акватории Атлантического океана 17
Лабораторная работа 7 – Построение графика вертикального распределения гидрологических характеристик на примере температуры воды 23
Лабораторная работа 8 – Построение гидрологического разреза вертикального распределения температуры воды в пределах изучаемой акватории Атлантического океана 27
Лабораторная работа 9 – Основные приборы для измерения температуры и отбора проб воды; порядок обработки показаний водных термометров 31
Лабораторная работа 10 – Гидрометрические приборы. Знакомство с устройством гидрометрической вертушки. Поплавки 34
Лабораторная работа 11 – Измерение гидрологической вертушкой и поплавками расхода воды в реке. Расчет расхода воды в реке 36
Лабораторная работа 12 – Океанологические факторы формирования биологической продуктивности природных вод 40
Лабораторная работа 13 – Балтийское море 44
Заключение 55
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 56

Введение

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Учение о гидросфере», входящей в «Общепрофессиональный модуль» обязательной части.

Любые экологические проблемы, с которыми приходится сталкиваться или которые возникают в процессе природопользования, так или иначе связаны с водой, поскольку вода является центром всех процессов, протекающих в окружающей среде. Важный компонент практической экологической деятельности представлен исследованиями с целью оценки гидрологических явлений, процессов и свойств, непосредственно участвующих в формировании состояния экосистем водоемов и водотоков, их биопродуктивности и качества воды как природного ресурса и среды обитания живых организмов. Это делает получение целостного представления о системе научных знаний в области гидрологии и гидрометрии необходимой частью профессионального образования экологов.

Целью выполнения лабораторных работ по дисциплине «Учение о гидросфере» является:

1) понимание сути методов измерения расходов и уровней воды, скоростей течения и глубины водных объектов; основных принципов распределения главных гидрологических показателей по поверхности Мирового океана;

2) знание характера общей циркуляции вод Мирового океана; основ водной экологии; экологического состояния Балтийского моря, Куршского и Вислинского заливов;

3) развитие навыков и умений самостоятельной работы с картами, атласами, прочими гидрологическими справочными материалами, в том числе первичными, анализа имеющихся данных, составления гидрологической характеристики различных водных объектов для решения проблем его охраны и использования;

4) овладение методами выполнения простейших гидрологических расчетов, проведения основных гидрометрических работ, навыками сбора справочной гидрологической информации, выполнения полевых гидрологических наблюдений, необходимых для проведения научных исследований в области природопользования и охраны окружающей среды, в т.ч. умение пользоваться стандартными гидрологическими приборами, применяемыми в полевых условиях, и осуществлять первичную обработку получаемых данных.

Лабораторные занятия являются важнейшей составной частью учебного процесса, позволяющей студентам развить навыки самостоятельной работы с научной и справочной литературой, картографическими материалами, прибо-

рами, получить опыт публичных выступлений, применить полученные теоретические знания при решении практических задач.

Каждая представленная лабораторная работа содержит:

1) цель работы;
2) задание, направленное на овладение изучаемой темой;
3) теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы;
4) контрольные вопросы разного уровня сложности для самоконтроля и закрепления изученного материала.

Лабораторные работы выполняются в тетради для лабораторных работ с составлением отчета по каждому заданию, прилагая в случае необходимости графики, схемы и чертежи.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Учение о гидросфере» студенты непосредственно работают с гидрологическими приборами и производят измерения изучаемых гидрологических и гидрометрических характеристик. Для качественного выполнения лабораторных заданий, а также усвоения знаний, умений и навыков важна предварительная самостоятельная работа студента (необходимо изучить теорию вопроса).

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо не только воспользоваться рекомендованной литературой, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, методов, технических подходов, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой лабораторного занятия.

Текущий контроль осуществляется в форме аудиторной защиты каждой из лабораторных работ, устного блиц-опроса и тестовых опросов по отдельным темам. Студент должен:

- знать все специальные термины, встречающиеся в работе;
- понимать принцип устройства и работы приборов;
- знать ключевые формулы;
- уметь объяснить, какие законы использованы при решении задач;
- понимать принцип и методику выполненных расчетов;
- уметь анализировать физический смысл полученных результатов.

При подготовке к защите лабораторной работы студент самостоятельно отвечает на контрольные вопросы, предлагаемые в конце каждой работы, дополнительно используя материалы лекций, специальную литературу и ресурсы сети Интернет.

Оценка знаний при текущем контроле проводится в соответствии с числом правильно выполненных заданий соответствующей лабораторной работы, правильных ответов на вопросы преподавателя при блиц-опросе и защите лабораторных работ.

Положительная оценка («зачтено») за каждую лабораторную работу выставляется в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «зачтено» – свыше 65 % правильных ответов,
- «не зачтено» – 65 % и менее правильных ответов.

Настоящее учебно-методическое пособие состоит из:

- введения,
- основного содержания, разбитого на отдельные лабораторные работы согласно тематическому плану,
- заключения,
- библиографического списка.

Введение содержит шифр и наименование направления подготовки (специальности), дисциплину учебного плана, для выполнения лабораторных работ по которой оно предназначено; цель и планируемые результаты выполнения лабораторных работ по изучаемой дисциплине; описание видов текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки текущей аттестации, а также краткое описание структуры учебно-методического пособия.

Основное содержание учебно-методического пособия включает методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по изучаемой дисциплине в соответствии с тематическим планом лабораторных занятий. В каждой лабораторной работе изложены теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, а также примеры вопросов, задаваемых при защите лабораторных работ.

Лабораторная работа 1 – Морфометрия озера. Построение батиметрической схемы озера

Цель работы: Знакомство с понятиями морфометрических измерений и батиметрической съемки, изучение методов промерных работ и интерполяции. Построение батиметрической схемы озера.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с основными понятиями в области морфометрических измерений и батиметрической съемки, изучить методы промерных работ и интерполяции. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Построить батиметрическую схему заданного водоема методом интерполяции и оформить ее в соответствии с требованиями.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Морфометрические измерения и батиметрическая съемка.

Морфометрические измерения производятся на батиметрических планах. Батиметрический план дает возможность получить, измерить или вычислить отдельные морфологические характеристики водоема, отражающие форму и размеры озерной котловины, и количество заполняющей ее воды.

К главным морфологическим характеристикам относятся:

- длина береговой линии и заданных изобат,
- длина озера,
- максимальная и средняя ширина озера,
- максимальная и средняя глубина озера,
- площадь зеркала озера,
- площадь внутри заданных изобат,
- объем (вместимость) озера.

К планам относят картографические материалы масштаба более крупного, чем 1 : 10 000. Батиметрический план, при составлении которого не указаны географические координаты, принято называть схемой.

Батиметрический план озера – это карта или схема, на которой особым образом показаны его глубины

Геометрическое место точек на поверхности озера с нулевыми глубинами, которое представляет собой след от пересечения уровенной поверхности с озерной котловиной, называется береговой линией. Она является, по существу, нулевой изобатой.

В состав промерных работ входят:

- определение положения промерной вертикали (точки, в которой измеряется глубина),
- измерение глубины,
- наблюдение за уровнем в момент промера.

В процессе промера строят промерный абрис, т. е. выполненный от руки чертеж с обозначением на нем данных, необходимых для построения точного плана. На абрис наносят промерные профили с промерными точками, возле которых проставляют измеренные глубины.

2. Правила оформления чертежей.

Батиметрическую схему озера вычерчивают на белой бумаге стандартного формата А4 (297×210 мм) простым карандашом и поднимают (обводят) черной пастой (гелем) после проверки преподавателем.

Размеры шрифтов:

- исходные данные (глубины) – 1,8 (мм);
- подписи изобат и координатной сетки – 2,5 (мм);
- название чертежа (и значение масштаба на батиметрической схеме) – 3,5 (мм).

Толщина линий:

- контуры озера и координатные оси (линии) вычерчивают сплошной основной линией (толщина примерно 0,4-0,5 мм);
- батиграфические кривые и изобаты вычерчивают сплошной тонкой линией (толщина примерно 0,2-0,3 мм).

При предварительных построениях карандашом линии должны быть максимально тонкими и не яркими, чтобы в последующем их можно было легко стереть или «поднять».

Координатные оси вычерчивают сплошными линиями без стрелок на конце.

Название чертежа пишут под ним в центре, масштаб (например, М 1:500) - внизу справа, над названием чертежа.

На листах формата А4 оставляют (но не вычерчивают) поля не менее:

- 30 мм слева,
- 20 мм вверху и внизу,
- 15 мм справа.

Рамку не вычерчивают.

Чертеж должен располагаться в центре листа симметрично полям.

3. Проведение изобат.

Заданные изобаты проводят путем интерполяции между смежными точками, ближайшими к искомой изобате.

Положение изобаты, первой от берега, находят путем интерполяции между наименьшими глубинами и нулевой изобатой (береговой линией) по перпендикуляру к этой линии.

Интерполяция может быть осуществлена разными способами, в т. ч. с помощью палетки (так называемая графическая интерполяция).

Палетка – это сетка из сантиметровых и более мелких (иногда – более крупных) квадратов, вычерченная на миллиметровой бумаге.

Интерполяция для проведения изобат осуществляется следующим образом.

1) Точно по основной (утолщенной) линии миллиметровки отрезают небольшую полоску бумаги.

2) Край полоски располагают точно по линии, соединяющей точки, между которыми производится интерполяция (этим краем должна быть основная линия миллиметровки).

3) Основную линию миллиметровки, перпендикулярную предыдущей (соединяющей промерные точки – п. 2), совмещают с точкой большей глубины (большей из двух, между которыми производится интерполяция).

4. По этой линии, начиная от точки большей глубины, в масштабе «в 1 см 1 м (при глубинах менее 10 м; при больших глубинах вертикальный масштаб уменьшают) строят график нарастания глубин от наименьшей до наибольшей глубины в выбранных промерных точках. За начало отсчета принимают значение меньшей глубины. Таким образом, длина полученной вертикальной оси будет соответствовать (в выбранном масштабе) разности глубин в двух взятых для интерполяции точках.

5. Конец вертикальной линии (соответствующий значению наибольшей глубины в выбранном масштабе) соединяют по линейке с точкой наименьшей глубины (на плане).

6. На проведенной ранее (п. 4) вертикальной оси глубин отмечают значения заданной (заданных) изобат.

7. От этой точки проводят горизонтальную прямую до пересечения с линией, соединяющей конец вертикальной оси глубин с точкой наименьшей глубины (см. п. 5).

8. От полученной точки пересечения линий вверх восстанавливают перпендикуляр до выхода его на план.

9. На плане тонким карандашом (без нажима) подписывают значение глубины (изобаты).

10. Когда интерполяция между всеми глубинами закончится, точки с одинаковыми глубинами (значениями изобат) соединяют плавными линиями. При этом линия от точки до точки должна быть близкой к прямой, а в точке сопряжения отрезков прямых делается плавный переход. Полученные таким об-

разом изобаты будут выглядеть следующим образом. Ближайшая к береговой черте изобата в общих чертах повторит очертания береговой линии; несколько сглаживая ее, каждая последующая изобата точно так же повторит очертания предыдущей.

После проверки преподавателем изобаты поднимают черной пастой. Толщина линий изобат должна быть несколько меньше толщины береговой линии.

Изобату подписывают только один раз в разрыве линии, перпендикулярно линии (как бы она ни шла), при этом линия выходит к середине цифры, а нижний край цифры направлен в сторону опускания дна, т. е. в сторону больших глубин.

Контрольные вопросы:

1. Что такое батиметрический план (схема)?
2. Как построить батиметрический план?
3. Для чего необходим батиметрический план?
4. Как строят и подписываются изобаты

Лабораторная работа 2 – Морфометрия озера. Измерение длины береговой линии и изобат

Цель работы: Знакомство с понятиями, входящими в состав основных морфометрических характеристик водоема (длина береговой линии, длина озера, максимальная ширина озера). Изучение работы с курвиметром, правил учета ошибок и погрешность. Выполнение измерений по батиметрической схеме озера.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с основными морфометрическими характеристиками водоема (длина береговой линии, длина озера, максимальная ширина озера), изучить правила округления приближенных величин. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Выполнить измерения по батиметрической схеме озера, построенной в ходе лабораторной работы 1, добившись сходящихся результатов, и заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Измерение длины береговой линии и изобат, длины и максимальной ширины озера …… *(указать название водного объекта в родительном падеже)*

Действия	l_0	l_k	l_m	l_n	L	B_{max}
1	2	3	4	5	6	7
1. Первый прием, см						
2. Второй прием, см						
3. Сумма двух измерений, см						
4. Среднее арифметическое, см						
5. Систематическая ошибка, см ±						
6. Масштаб схемы озера						
7. Систематическая ошибка измерения с учетом масштаба, м ±						
8. Результат с учетом масштаба, м						
9. Окончательный результат (с учетом погрешности), м						

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Длина береговой линии и изобат, длина и максимальная ширина озера.

Длина озера L – кратчайшее расстояние между двумя наиболее удаленными друг от друга точками береговой линии, измеренное по водной поверхности. Может изображаться прямой или ломаной линией, нигде не пересекающей береговой черты. Отдельные отрезки ломаной линии являются касательными к изгибам береговой линии.

Ширина озера максимальная B_{max} – расстояние между наиболее удаленными точками береговой линии по направлению, перпендикулярному длине озера.

На батиметрическом плане (схеме) линии длины и максимальной ширины озера проводят карандашом.

Длину полученных отрезков измеряют с помощью циркуля-измерителя (обязательно!) и линейки в два приема с точностью до 0,1 наименьшего деления линейки (мм). Результат записывают в графы L и B таблицы 1.

Для целей измерения под длиной береговой линии понимают длину нулевой изобаты (в длину береговой линии может быть включена или не включена длина береговой линии островов, если таковые имеются, но при этом обязательно делают соответствующую оговорку).

Длину береговой линии и заданных изобат измеряют курвиметром на батиметрическом плане.

Измерение длины береговой линии и изобат производят двойным (иногда тройным) обведением, в прямом и обратном направлениях. Результат записывают в графы l_0, l_k, l_m и l_n таблицы 1.

2. Ошибки и погрешности.

Расхождение между результатами, полученными в прямом и обратном направлениях не должно превышать величины 0,02 средней длины изолинии. За окончательное значение измеренной длины принимают среднее арифметическое из сходящихся результатов измерений.

При производстве измерений возможны следующее виды ошибок:

- грубые ошибки (или промахи);
- систематические ошибки, вызванные неточностями измерительных приборов;
- случайные ошибки (в т. ч., т.н. «ошибка наблюдателя», связанная с манерой каждого наблюдателя снимать отсчет, и в какой-то мере устраняемая тем, что во время экспедиций работу с определенными приборами поручают одному и тому же наблюдателю), которые невозможно предусмотреть.

Для их оценки вычисляют средние квадратичные погрешности.

Контрольные вопросы:

1. Какова цена деления курвиметра?
2. Чему равна систематическая ошибка курвиметра?
3. Чему равна систематическая ошибка линейки?
4. Что такое длина и максимальная ширина озера?
5. Как измерить длину и максимальную ширину озера?
6. Как оценить точность измерения длины заданной линии?

Лабораторная работа 3 – Морфометрия озера. Расчет площади водной поверхности озера и заданных горизонтов (внутри изобат)

Цель работы: Знакомство с понятиями площадь водной поверхности озера, планиметр, палетка. Изучение правил работы с планиметром и палеткой. Выполнение измерений по батиметрической схеме озера и расчетов площади водной поверхности озера и заданных горизонтов (внутри изобат).

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с понятиями площадь зеркала озера, планиметр, палетка, изучить правила работы с планиметром и палеткой. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Выполнить измерения по батиметрической схеме озера, построенной в ходе лабораторной работы 1, и вычислить площадь зеркала озера и площади заданных горизонтов (внутри изобат), заполнив таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты измерения палеткой площади зеркальной поверхности и заданных горизонтов (внутри изобат) озера …… *(указать название водного объекта в родительном падеже)*

Измерения	Количество квадратов				Площади			
					измеренная		с учетом погрешности	
	100 см^2	25 см^2	1 см^2	0,25 см^2	см^2	м^2 (с учетом масштаба)	м^2	га
1	2	3	4	5	6	7		
Береговая линия (изобата l_0)								
Первое								
Второе								
Среднее арифметическое								
Количество см^2								
Изобата l_k								
Первое								
Второе								
Среднее арифметическое								
Количество см^2								
Изобата l_m								
Первое								
Второе								
Среднее арифметическое								
Количество см^2								
Изобата l_n								
Первое								
Второе								
Среднее арифметическое								
Количество см^2								

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Площадь водной поверхности (зеркала) озера, планиметр, палетка.

За площадь водной поверхности (зеркала) озера принимают площадь его уровенной поверхности, ограниченной нулевой изобатой, исключая острова.

Определение площадей зеркала озера и контуров изобат можно выполнить при помощи планиметра или палетки.

Планиметр – прибор, служащий для простого механического определения площадей (интегрирования) замкнутых контуров, прорисованных на плоской поверхности. Раньше широко применялись механические планиметры, сейчас более популярны электронные.

Палетка – сетка из сантиметровых и более мелких квадратов, вычерченная на листе прозрачной основы, например, на кальке (еще лучше – на миллиметровой кальке).

Если план озера вычерчен на миллиметровой бумаге, палеткой служит основа чертежа.

Контрольные вопросы:

1. Чему равна систематическая ошибка заданной палетки? Как ее вычислить?
2. Как с учетом масштаба перейти от см^2 к км^2?

Лабораторная работа 4 – Морфометрия озера. Расчет объема, средней глубины и средней ширины озера

Цель работы: Знакомство с понятиями объем (вместимость) озера, средняя и максимальная глубина озера, средняя ширина озера. Выполнение расчета объема, средней глубины и средней ширины озера.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с понятиями объем (вместимость) озера, средняя и максимальная глубина озера, средняя ширина озера. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Выполнить расчет объема, средней глубины и средней ширины озера на основании данных площади зеркала озера и площадях внутри изобат водоема, полученных в ходе лабораторной работы 3.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Объем (вместимость) озера, средняя и максимальная глубина озера, средняя ширина озера.

Объем (вместимость) озера V – это объем части озерной котловины, заполненной водой при данном уровне.

Глубина озера максимальная h_{max} – самая большая глубина, снятая с батиметрического плана.

Глубина озера средняя $h_{ср}$ – частное от деления объема воды озера V на площадь зеркала. Таким образом, средняя глубина озера – э то толщина слоя, который получается, если всю воду, наполняющую озерную котловину, распределить равномерно по площади водной поверхности.

Ширина озера средняя $B_{ср}$ получают как отношение площади зеркала озера S_o к его длине L.

Объем воды в озере вычисляют приближенно как сумму объемов отдельных слоев котловины, заключенных между условными горизонтальными плоскостями изобат.

Все слои, за исключением самого нижнего (от максимальной глубины до горизонта последней заданной изобаты) принимают за усеченный конус или усеченную пирамиду.

Объем слоев, кроме самого нижнего, вычисляют по формуле для расчета объема усеченного конуса (пирамиды). Нижний слой (от максимальной глубины до горизонта последней, нижней заданной изобаты) принимают за конус или пирамиду.

Контрольные вопросы:

1. Как рассчитать средние значения глубины и ширины озера?
2. Каков принцип расчета вместимости (объема воды) озера?
3. Как приближенно можно оценить погрешность при расчете объема воды неглубокого озера?

Лабораторная работа 5 – Морфометрия озера. Построение батиграфических кривых

Цель работы: Знакомство с понятиями батиграфических кривых озера, их практической функциональностью и научной значимостью. Приобретение навыка построения батиграфических кривых площадей и объемов.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с понятиями батиграфических кривых озера, изучить их назначение, выяснить отличие от гипсографической кривой. Составить в тетради краткий конспект сведений.

Задание 2. Построить батиграфические кривые площадей и объемов для заданного озера, используя результаты, полученных в ходе выполнения лабораторных работ 1-4.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Батиграфические кривые площадей и объемов.

Батиграфические кривые (площадей и объемов) – это график, отражающий (описывающий) зависимость площади водной поверхности и объема воды в озере от его уровня (глубины).

Батиграфические кривые отражают характер (скорость) увеличения глубин, т.е. позволяют судить о характере рельефа дна. Построив батиграфические кривые, можно по этому графику находить площади и объемы воды при любом изменении глубины (уровня).

Пример батиграфических кривых для оз. Шенфлиз (г. Калининград) приведен на рисунке 1.

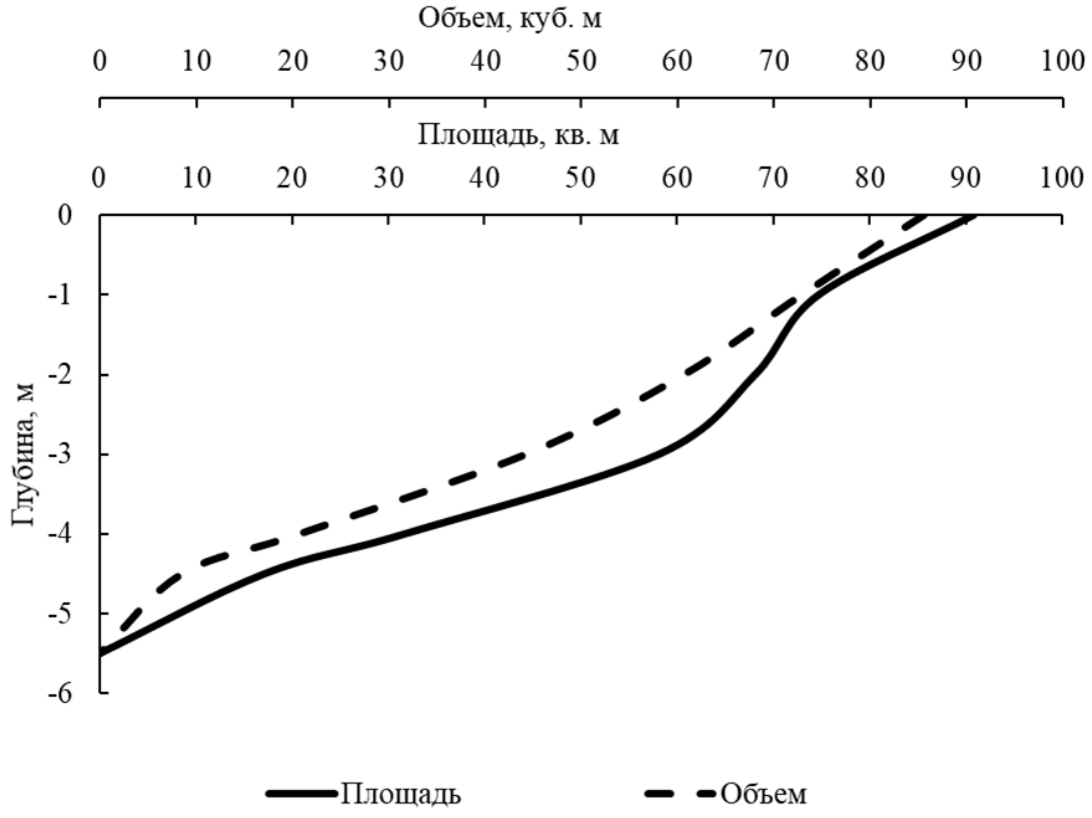

Рисунок 1 – Батиграфические кривые оз. Шенфлиз

2. Выполнение построений.

При построении графиков на нелинованной бумаге расчерчивают координатную сетку, соответствующую числовым значениям масштаба шкал координатных линий. На миллиметровой бумаге координатную сетку заменяют небольшими (около 1 мм) штрихами, направленными внутрь координатного поля (поля графика).

Числовые значения масштаба шкал осей координат (подписи координатных линий) пишут так, чтобы середина цифры приходилась против линии сетки графика (или штриха, ее обозначающего). Сетка графика (разбивка координатных осей) должна быть равномерной, на ней не должно быть исходных данных. Числовые значения по осям координат графика удобно подписывать через 1 см. Если обе оси начинаются с 0, его подписывают против точки пересечения осей один раз.

Условные обозначения и размерность наносимых величин на графиках должны быть указаны обязательно. Надписи на координатных осях должны быть предельно краткими. Лучше всего пользоваться условными буквенными обозначениями; пояснения этих величин (если они не общеприняты) выносят в подпись под графиком (в название рисунка) или в текст.

Простые буквенные обозначения координатных осей пишут по линии числовых значений координатной сетки вместо исключаемых последних по шкале цифр. Высота строчных букв при этом равна высоте цифр на координатной линии, прописных – примерно на 1/3 выше.

Словесные надписи и сложные буквенные обозначения и размерности на осях координат пишут отдельной строкой вдоль координатной линии, располагая надпись посередине координатной оси.

Размерность отделяется от надписи или буквенного обозначения запятой, а не заключается в скобки.

Контрольные вопросы:

1. Что показывают батиграфические кривые?
2. Как можно использовать батиграфические кривые?
3. Какие данные надо иметь, чтобы построить батиграфические кривые?

Лабораторная работа 6 – Построение гидрологической карты пространственного распределения температуры воды в пределах изучаемой акватории Атлантического океана)

Цель работы: Знакомство с методикой построения гидрологических карт на примере карты температуры воды. Формирование навыка представления

гидрологической информации в виде соответствующих карт и умения интерпретировать их.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с методикой построения гидрологических карт на примере карты температуры воды поверхностного слоя заданного участка Атлантического океана.

Задание 2. Составить на листе миллиметровой бумаги стандартного формата А4 (210 × 297 мм) карту распределения температуры воды на поверхности заданного участка Атлантического океана.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Порядок построения гидрологических карт.

Построение гидрологической карты предусматривает предварительное выполнение бланковой карты заданного района. Карта вычерчивается черной тушью (пастой) на вертикально расположенном (книжная ориентация) листе миллиметровой бумаги формата А4, соблюдая следующие размеры полей: левое – не менее 30 мм, правое – 15 мм, остальные (верхнее, нижнее) – не менее 20 мм.

На бланковой карте должны быть изображены:

- схематичные очертания береговой линии, включая острова, в пределах исследуемой акватории (наносятся сплошными тонкими линиями толщиной 0,3 мм);
- точки, указывающие местоположение гидрологических станций, определяемое по их координатам;
- градусная сеть (параллели и меридианы проводятся через 5° сплошными тонкими линиями толщиной 0,2 мм, подписываются – через 5° между внешней и внутренней рамками карты);
- внешняя (утолщенная основная линия толщиной до 1 мм) и внутренняя (сплошная тонкая линия толщиной 0,3 мм) рамки (расстояние между ними – 5 мм).

На бланковую карту черной пастой наносятся значения температуры воды на поверхности для каждой станции (размер шрифта – 1,8 мм). Точка станции играет роль запятой, отделяющей целые от десятых в значении температуры (например, 3 · 8). Исходные данные среднегодовых значений температуры воды на поверхности берут из сведений Международного центра данных (ВНИИГМИ – МЦД), для чего необходимо, предварительно выписать номера пятиградусных квадратов, лежащих в пределах исследуемой акватории.

Изотермы проводят через 1 °С, сплошными тонкими линиями толщиной 0,3 мм, изотермы, кратные 5 °С – утолщенными основными линиями толщиной до 0,5 мм. Если пределы изменения температуры воды на заданном горизонте менее 5 °С – изотермы проводят через 0,5 °С (штриховой линией).

Под построенной гидрологической картой, отступив вниз 1,0-1,5 см, чертежным шрифтом размером 3,5 мм пишут название рисунка. Название пишется так, чтобы по ширине оно не выступало за внешнюю рамку карты и располагалось посередине рисунка.

2. Методика построения изотерм на гидрологических карт.

Изотермы проводят путем линейной интерполяции, определяя положение изолиний между двумя станциями, для которых имеются значения температуры воды на поверхности. Интерполяция для проведения изолиний осуществляется только между соседними смежными станциями (не расположенными по диагонали!).

На бланковой карте отмечают точки, показывающие положение изотерм, которые получают в ходе интерполяции и аккуратно (тонко!) подписывают их значения остро заточенным карандашом. Для работы лучше выбирать твердо-мягкий или мягкий карандаш.

После того, как интерполяция между всеми станциями завершена, точки с одинаковыми значениями температуры воды соединяют практически прямыми линиями, плавно закругляя их в местах перегибов и искривлений. На изолиниях оставляют разрывы, в которых перпендикулярно линии подписывают значение изотерм в градусах Цельсия, при этом изолиния должна подходить к середине цифры (размер шрифта – 2,5 мм). При проведении изолиний следует помнить, что они никогда не могут пересекаться. Изолиния всегда проходит между двумя точками, одна из которых имеет меньшее, а другая – большее значение, чем проводимая изолиния.

Интерполировать можно разными способами: аналитически (с помощью пропорциональных расстояний) или графически (с помощью палетки). В первом случае определение местоположения изолинии осуществляется по формуле:

$$dp = \frac{t_i - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}, \qquad (1)$$

где dp – пропорциональное расстояние; t_i – значение температуры на проводимой изолинии; t_{min} – меньшее значение температуры на одной из смежных станций; t_{max} – большее значение температуры на одной из смежных станций.

Далее величину *dp* умножают на расстояние (см) между соседними смежными станциями, измеренное по карте, и полученное расстояние откладывают от той из смежных станций, на которой значение температуры меньше (t_{min}).

Например, если необходимо определить местоположение изотермы 8 °С между соседними смежными станциями, на которых температура воды на поверхности составляет 7,5 и 8,3 °С, то в таком случае пропорциональное расстояние *dp* согласно формуле (1) составит:

$$dp = \frac{8 - 7{,}5}{8{,}3 - 7{,}5} = \frac{0{,}5}{0{,}8} = 0{,}625.$$

Затем необходимо измерить линейкой расстояние между соседними смежными станциями, между которыми проводится интерполяция. Допустим, измеренное расстояние составит 3,2 см. Его умножают на вычисленную величину пропорционального расстояния *dp*, которое в нашем случае составляет 0,625. Получаем 0,625 × 3,2 = 2,0 (см).

Этот результат – 2,0 см – откладывают от станции с меньшим значением температуры (7,5 °С). Полученная точка укажет на положение изотермы 8 °С между указанными станциями.

Можно найти положение изолинии, разделив расстояние между соседними смежными станциями на отрезки, количество которых соответствует разнице температур между этими станциями, выраженной в десятых долях.

Допустим, необходимо определить местоположение изотермы 8 °С между соседними смежными станциями, на которых температура воды на поверхности составляет 7,5 и 8,3 °С. В этом случае разница температур между этими станциями составит 0,8 °С, т.е. восемь десятых. Значит, расстояние между ними надо разделить на восемь отрезков, каждый из которых будет соответствовать изменению температуры воды на 0,1 °С.

Далее вычисляют разность между значением температуры воды на искомой изотерме и на одной из станций (любой из двух рассматриваемых). Так, разность между 8,3 и 8,0 °С равна 0,3 °С (трем десятым). Соответственно расстояние между данной станцией и определяемой изотермой составит три отрезка (рисунок 2).

Наконец, для интерполяции можно применить палетку любого образца. В частности, удобно пользоваться миллиметровой бумагой, от которой точно по основной линии отрезают небольшую полоску миллиметровой бумаги такого размера, чтобы с ней было удобно работать. Край полоски (рисунок 3) располагают точно вдоль линии, соединяющей соседние смежные станции, между которыми проводится интерполяция (этим краем должна быть основная линия

миллиметровой бумаги). Этой линии придают меньшее из двух значение температуры.

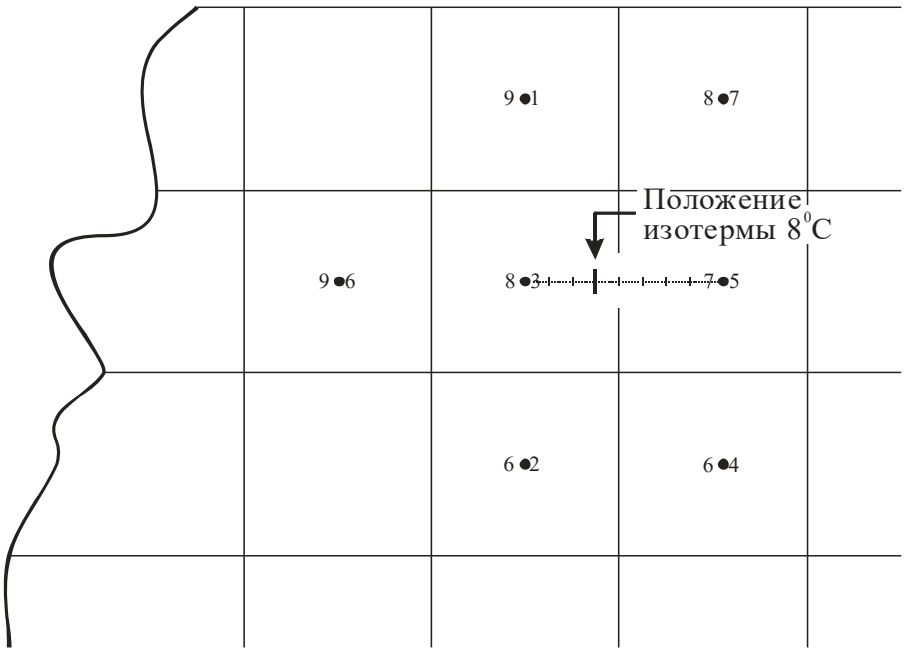

Рисунок 2 – Пример аналитической интерполяции

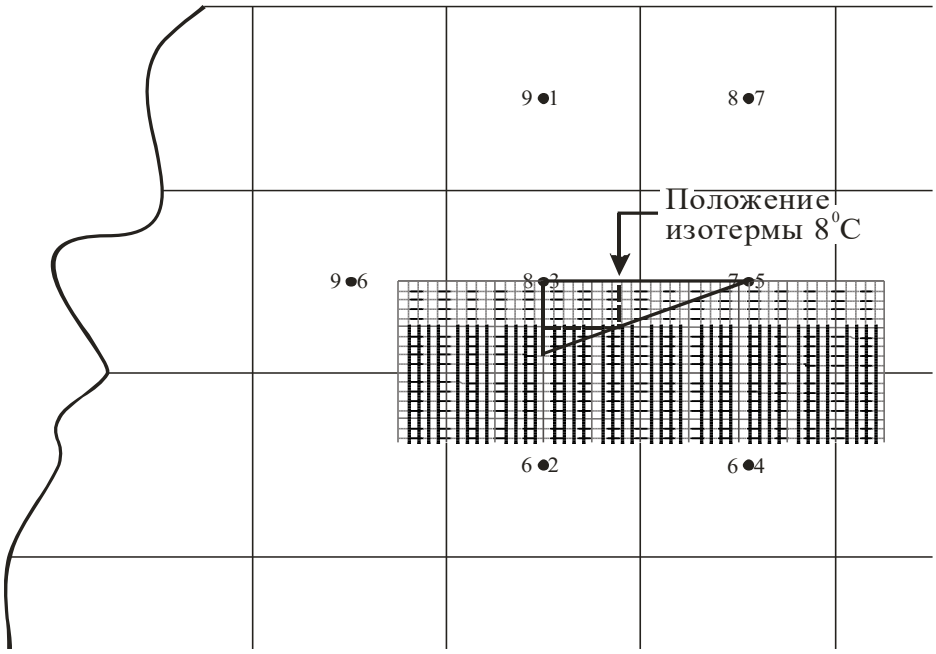

Рисунок 3 – Пример интерполяции с помощью палетки

Основную линию миллиметровой бумаги, перпендикулярную первой, совмещают с точкой большего значения температуры (в нашем примере 8,3 °С). Выбирают масштаб (наиболее удобный: в 1 мм – 0,1 °С) и от точки с бóльшим значением температуры проводят вниз вертикальную линию, длина которой в

выбранном масштабе соответствует разности между значениями температуры на станциях. Конец этой линии соединяют с точкой станции с меньшим значением температуры (по линейке). Затем на вертикальной прямой находят и отмечают точки, соответствующие требуемым значениям температуры. От этих точек проводят горизонтальные прямые до пересечения с гипотенузой получившегося на миллиметровой бумаге прямоугольного треугольника. От точек пересечения прямых с гипотенузой восстанавливают вверх перпендикуляры до выхода их на бланковую карту.

Так, чтобы определить местоположение изотермы 8 °С между соседними смежными станциями, на которых температура воды на поверхности составляет 7,5 и 8,3 °С. В этом случае (рисунок 3) край палетки прикладывают точно к линии, соединяющей эти станции так, чтобы одна из основных линий миллиметровой бумаги, перпендикулярная ее краю, совмещалась со станцией, на которой значение температуры больше (8,3 °С). Карандашом проводят от этой точки вертикальную линию вниз.

На этой линии откладывают расстояние, пропорциональное разности температур между рассматриваемыми станциями: 8,3 - 7,5 = 0,8 °С, т.е. 8 мм в нашем масштабе (одному миллиметру палетки соответствует 0,1 °С на карте). Полученную точку на вертикальной линии соединяют со станцией, где температура меньше (7,5 °С). На миллиметровой бумаге появился прямоугольный треугольник.

На той же вертикальной прямой находят значение изотермы 8 °С, отсчитывая температуру как от меньшего значения 7,5 °С, хотя данная линия построена вниз от станции с большим значением температуры 8,3 °С, т.е. действуют по правилу «прикладываем палетку к бóльшему значению – считаем, как от меньшего». Так как разность 8,0 - 7,5 = 0,5 °С, то вниз по линии откладывают 5 мм и от этой точки строят горизонтальную линию до пересечения с гипотенузой. Оттуда в свою очередь восстанавливают вверх нормаль и получают положение искомой изотермы на карте.

Контрольные вопросы:

1. Что такое бланковая карта? Что на нее наносят? Как ее оформляют?
2. Объяснить, как провести изотермы путем линейной интерполяции.
3. Перечислить и охарактеризовать основные способы интерполяции.
4. Записать расчетную формулу для определения местоположения изолинии при аналитической интерполяции.
5. Как использовать палетку для определения местоположения изолинии?

Лабораторная работа 7 – Построение графика вертикального распределения гидрологических характеристик на примере температуры воды

Цель работы: Знакомство с методикой построения графиков вертикального распределения гидрологических характеристик на примере температуры воды. Формирование навыка представления гидрологической информации в виде соответствующих кривых и умения интерпретировать их.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с методикой построения графиков вертикального распределения гидрологических характеристик на примере кривых изменения температуры воды с глубиной на заданных гидрологических станциях Атлантического океана.

Задание 2. Построить на одном-двух листах миллиметровой бумаги стандартного формата А3 (297 × 420 мм) кривые вертикального распределения температуры воды на заданных гидрологических станциях Атлантического океана.

1. Порядок и методика построения кривых вертикального распределения температуры воды.

Кривые вертикального распределения температуры воды вычерчивают черной и цветной тушью (пастами) на вертикально расположенном (книжная ориентация) листе миллиметровой бумаги формата А3 (297 × 420 мм). В зависимости от особенностей вертикального распределения температуры воды, кривые можно выполнить на одном-двух листах, построив одну, две либо четыре (при необходимости) координатные плоскости так, чтобы полученные кривые не сливались, и с ними было удобно работать.

Прежде всего строят поле координатных осей (рисунок 4): вдоль большей стороны листа вертикальную ось, отступив 30 мм от левого края, вдоль меньшей стороны листа – горизонтальную ось на расстоянии 40 мм от верхнего края.

Горизонтальная ось – ось температур. За ее начало принимают целую часть наименьшего значения температуры воды на данной станции или паре станций, если в координатном поле должны разместиться две кривые. Например, если минимальное значение температуры воды на гидрологической станции составляет 2,35 °С (независимо от глубины, на которой эта температура наблюдалась!), то горизонтальная ось должна начинаться с 2 °С; если минимальное значение было минус 0,8 °С – с минус 1 °С.

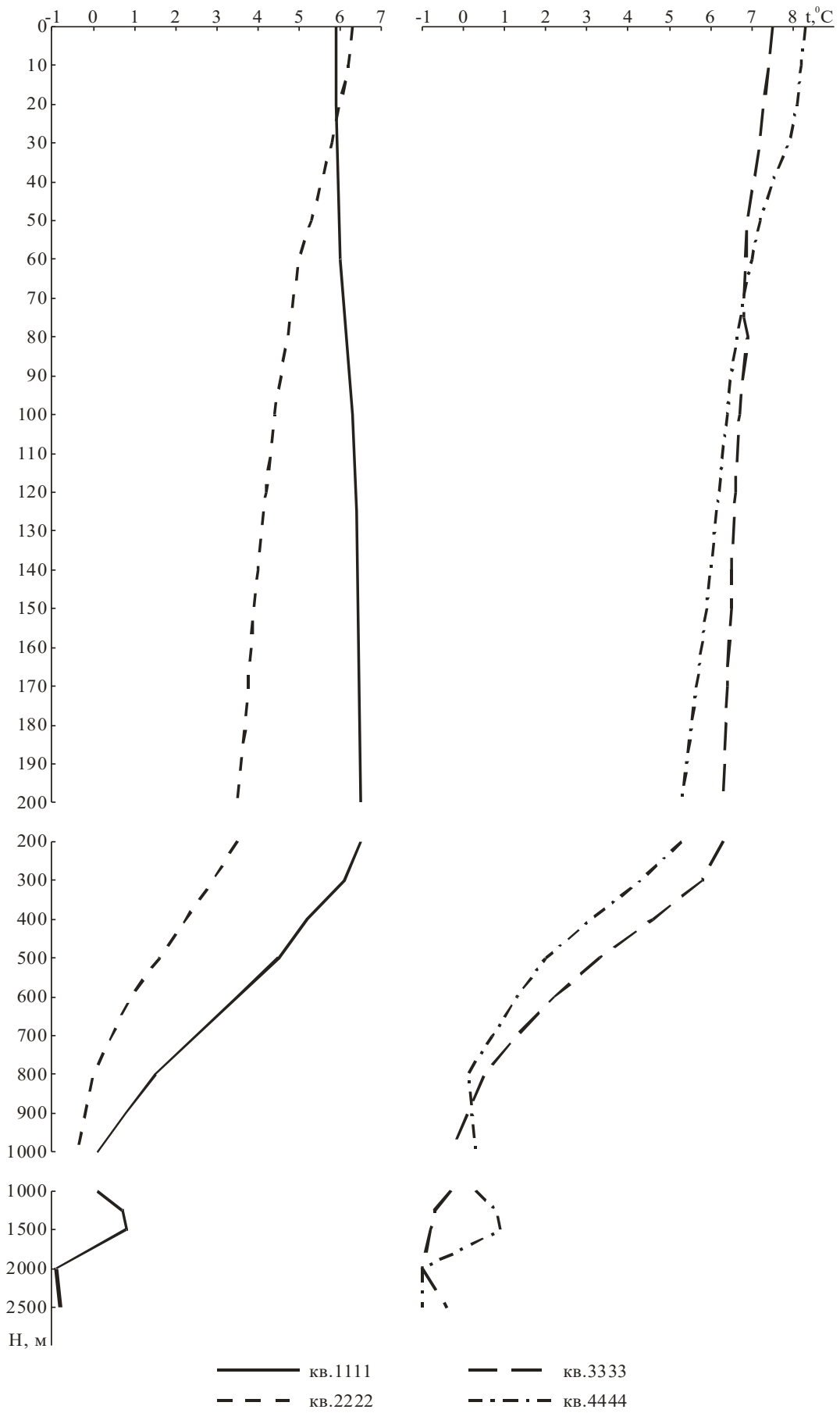

Рисунок 4 – Вертикальное распределение температуры воды (средний год)

Вторую и последующие горизонтальные оси (если это необходимо) строят на одной линии с первой, отступая от нее на 1 см. Окончание оси – целое значение температуры, следующее за максимальным значением на станции. Причем последнее цифровое значение температуры над осью не подписывается, вместо него ставится условное обозначение оси: *t, °C*. Если на одном листе построено несколько горизонтальных осей, то подписывают их только один раз – на конце последней оси, стрелки на концах осей не рисуют.

Горизонтальный масштаб: в 1 см 1 °С. Если размах колебаний температуры воды на поверхности исследуемой акватории при построении карты распределения температуры, оказался менее 5 °С, то при построении кривых вертикального распределения температуры воды выбирают горизонтальный масштаб в 1 см 0,5 °С.

Вертикальная – ось глубин: от поверхности до глубины последнего горизонта наблюдений на станции. Причем ось глубин – общая для всех координатных плоскостей на листе: вычерчивается один раз и не повторяется для каждой горизонтальной оси. Так же, как и на горизонтальной оси, стрелка на конце оси не рисуется и последнее цифровое значение глубины у оси не подписывается, вместо него ставится условное обозначение оси: *H, м*.

Для того, чтобы уместить кривые вертикального распределения температуры воды в рамках листа А3 и одновременно достаточно подробно показать изменения температуры в поверхностном слое, необходимо использовать переменные вертикальные масштабы. Так, до горизонта 200 м берут вертикальный масштаб в 1 см 10 м, глубже – в 1 см 100 м (если значение последнего горизонта превышает 1500 м, то масштаб в 1 см 100 м сохраняется в слое от 200 до 1000 м), если значение последнего горизонта более 1500 м, от горизонта 1000 м до глубины последнего горизонта наблюдений масштаб составляет в 1 см 500 м. При каждой смене масштаба координатную ось разрывают, отступая на 0,5-1,0 см. Каждый отрезок вертикальной оси в новом масштабе начинают с последнего горизонта (200, 1000 м), которым кончается координатная ось в предыдущем масштабе, дублируя данный горизонт на новом отрезке оси.

В поле построенных таким образом координатных осей точками наносят значения температуры воды на данной гидрологической станции. Для сопряжения кривой в разных масштабах значения температуры на последнем горизонте наблюдений, расположенном выше глубины смены масштаба (200, 1000 м), откладывают дважды: в верхнем и нижнем поле.

Полученные точки соединяют между точками строго прямыми линиями (в каждом вертикальном масштабе отдельно, обрывая их на горизонтах перехода масштабов), и только в местах перегибов – плавными кривыми, которые называются кривыми вертикального распределения температуры воды (рисунок 4). При этом концы кривых в точках смены масштабов (конечный в «верх-

нем» масштабе и начальный – в «нижнем») должны оказаться строго на одной вертикали. В поле перехода масштабов не должно оставаться никаких линий и дополнительных построений.

Внизу в центре (если места не хватает, то в правом нижнем углу листа) шрифтом 3,5 мм пишут название рисунка: «*Вертикальное распределение температуры воды, ° С (средний год)*». Условные обозначения (номера квадратов, для которых построены кривые) приводят шрифтом того же размера на свободном пространстве листа в нижней его части по центру или справа, но выше наименования рисунка.

После проверки преподавателем температурные кривые поднимают цветными пастами (или тушью), координатные оси, подписи к ним (шрифт 2,5 мм) и название рисунка – черной пастой (тушью).

2. Работа с построенными кривыми.

Кривые вертикального распределения температуры воды служат вспомогательным чертежом, необходимым для дальнейшего построения гидрологического разреза. Поскольку для графического представления вертикального термического поля требуется знание глубин расположения тех или иных целых значений температуры воды на гидрологических станциях, то их можно получить при обработке построенных кривых вертикального распределения температуры на таких станциях.

С построенных кривых вертикального распределения температуры на заданных гидрологических станциях снимают целые значения температуры следующим образом: остро заточенным карандашом проводят вертикальные линии по целым градусам и в местах их пересечения с кривыми карандашом отмечают в виде дроби:

- среднегодовую температуру воды в градусах Цельсия (в числителе);
- глубину горизонта в метрах, на которой данная температура была обнаружена: *6/12, 5/26, 3/14* и т.д. (в знаменателе).

Это необходимо в связи с тем, что температура не изменяется по линейному закону, и нельзя просто провести изотермы с помощью линейной интерполяции.

Если при построении кривых вертикального распределения температуры воды использовался горизонтальный масштаб в 1 см 0,5 °С, то с кривых в том же порядке снимают значения температуры, кратные 0,5 °С, т.е. 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 °С и т.д.

<u>Контрольные вопросы:</u>

1. Как построить кривые вертикального распределения температуры воды на гидрологической станции?

2. Описать порядок построения кривых вертикального распределения температуры воды на гидрологической станции.

3. Почему кривые вертикального распределения гидрологических характеристик используют в качестве вспомогательных чертежей для гидрологических разрезов, демонстрирующих распределение таких характеристик?

4. Как определить положение промежуточных экстремумов?

Лабораторная работа 8 – Построение гидрологического разреза вертикального распределения температуры воды в пределах изучаемой акватории Атлантического океана

Цель работы: Знакомство с методикой построения гидрологических разрезов на примере температуры воды. Формирование навыка представления гидрологической информации в виде соответствующих разрезов и умения интерпретировать их.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Ознакомиться с методикой построения разрезов вертикального распределения гидрологических характеристик на примере разреза распределения температуры воды по заданной линии Атлантического океана.

Задание 2. Построить на листе миллиметровой бумаги стандартного формата А3 (297 × 420 мм) разрез вертикального распределения температуры воды по заданной линии Атлантического океана.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Порядок и методика построения разреза вертикального распределения температуры воды.

Работу над гидрологическим разрезом начинают с построения координатной плоскости. Для этого на листе миллиметровой бумаги формата А3, расположив его в вертикально (книжная ориентация), необходимо. Вертикальная ось разреза полностью соответствует вертикальной оси для кривой вертикального распределения температуры на самой глубокой станции и располагается в 40 мм от левого края листа. Горизонтальную ось проводят на расстоянии 40 мм от верхнего края, ее длина зависит от длины разреза.

На горизонтальной оси (рисунок 5), отступив 10 мм от вертикальной оси, откладывают точки, соответствующие гидрологическим станциям, располагающимся в квадратах 1111, 2222 и т.д., и обозначая их, как показано на названных рисунках. Станции располагаются по порядку, с запада на восток или с севера на юг.

Расстояния между ними снимают циркулем-измерителем с ранее построенной карты распределения среднегодовой температуры воды на горизонте 0 м, на которой указаны номера пятиградусных квадратов, и умножают на два.

Точки станций, как и горизонты на вертикальной оси, отмечают штрихами, направленными внутрь графика. Номера станций (шрифт 2,5 мм) подписывают над горизонтальной осью так, чтобы штрих оказался посередине этого номера, включая сокращенное обозначение станции (рисунок 5).

Координатные оси поднимают черным цветом. Затем черной тушью (или пастой) очень мелко (размер шрифта – 1,5 мм) наносят следующие значения температуры:

- на поверхности – сразу под горизонтальной осью координат так, чтобы точка станции исполняла роль запятой, отделяющей целую часть числа от десятых;

- на последнем горизонте – так, чтобы линия данного горизонта соответствовала середине цифр по высоте, при этом точка пересечения вертикали станции с данным горизонтом играет роль запятой между целой и дробной частями значения температуры;

- промежуточные экстремумы (максимумы и минимумы), если таковые имеются. Экстремумы находят по точкам перегиба кривых вертикального распределения температуры на гидрологических станциях (рисунок 5) и выписывают их значения для найденных горизонтов из таблиц с исходными данными. При этом линия соответствующего горизонта должна соответствовать середине цифр по высоте, а точка пересечения вертикали станции с данным горизонтом исполняет роль запятой между целой и дробной частями значения температуры (рисунок 5). Если кривая без перегибов, значит, экстремумы на станции отсутствуют.

Точки целых значений температуры воды, глубины которых были «сняты» с кривых вертикального распределения (рисунок 5), карандашом переносят в координатную плоскость разреза и ставят их на пересечении вертикали соответствующей станции с горизонтом, на котором наблюдается откладываемое значение температуры, подписывая рядом значение температуры (рисунок 5).

Для удобства работы в плоскости разреза можно провести дополнительные построения – очень тонкими карандашными вертикальными линиями показать положение гидрологических станций.

После этого точки, соответствующие одинаковым значениям температуры, соединяют сплошными практически прямыми тонкими линиями толщиной 0,3 мм, плавно закругляя их в местах перегибов и искривлений, – изотермами (рисунок 5).

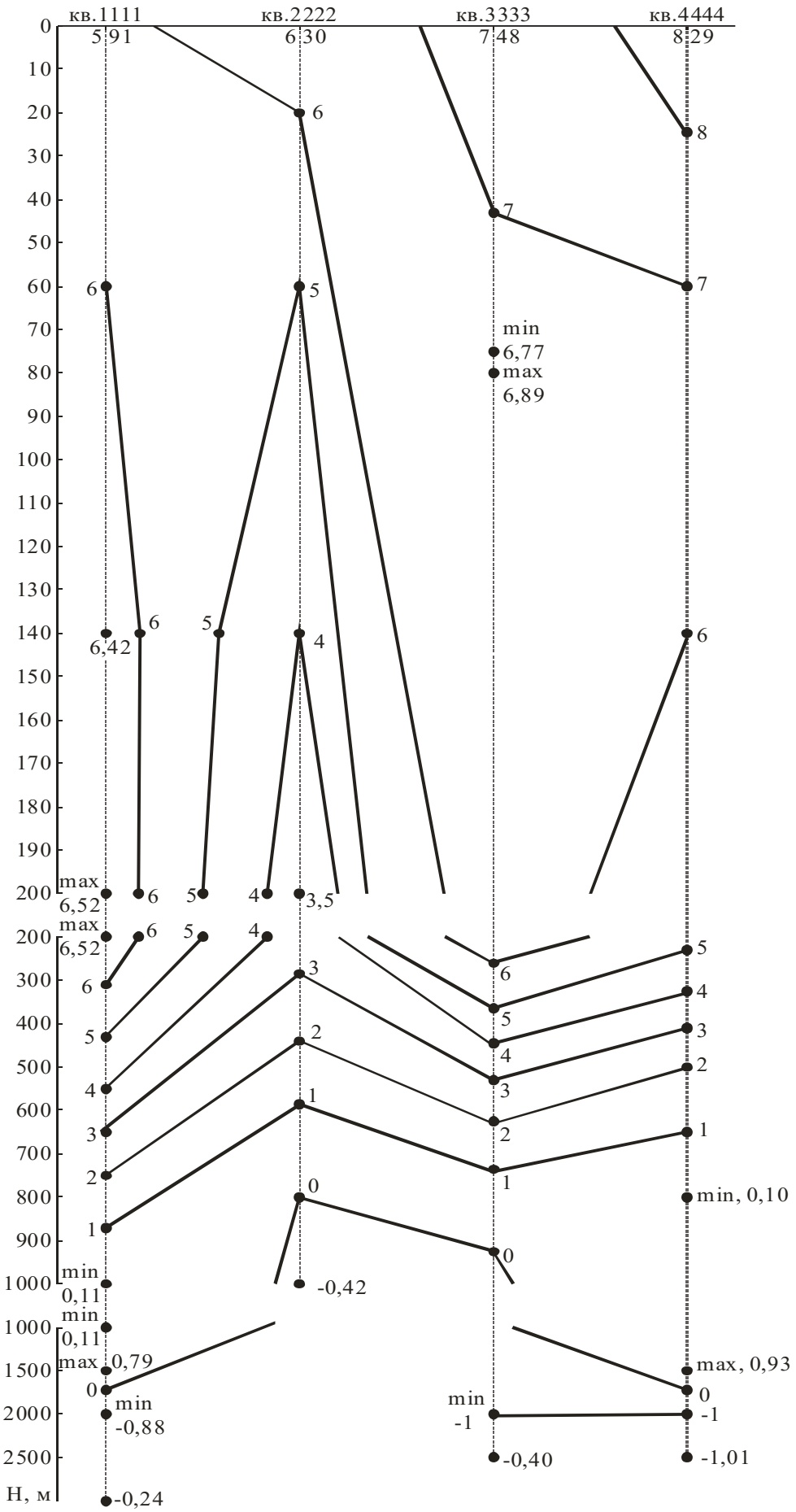

Рисунок 5 – Пример построения изотерм на гидрологическом разрезе

Изотермы проводят через 1 °С, изотермы кратные 5 °С выделяют утолщенными основными линиями толщиной до 1 мм. В случае, если температура воды на разрезе изменяется менее, чем на 5 °С, и при построении кривых вертикального распределения температуры воды использовался горизонтальный масштаб в 1 см 0,5 °С, то изотермы проводятся через 0,5 °С пунктирной линией. На изолиниях оставляют разрывы, в которых перпендикулярно линии подписывают значение изотерм в градусах Цельсия, размер шрифта – 2,5 мм. При проведении изолиний важно помнить, что они никогда не могут пересекаться. В местах выхода изотерм на поверхность или ко дну, а также в местах огибания ими экстремумов, возможно, потребуется дополнительная интерполяция.

2. Порядок и методика построения изотерм на горизонтах смены масштабов.

к горизонтам смены масштабов, на которых изотермы разрываются, следует отнестись особенно внимательно. Для сопряжения линий, соединяющих точки, оказавшиеся в разномасштабных полях, поступают следующим образом. Прежде всего, обе эти точки откладывают в каком-то одном поле, верхнем или нижнем. Для этого точку 6 °С на станции 3333, лежащую на горизонте 260 м – в «нижнем» масштабе, откладывают еще раз, в «верхнем» масштабе, в котором расположена точка 6 °С на станции 2222 (горизонт 20 м).

Это делается так. Вертикальную ось «верхнего» масштаба карандашом (очень тонко) продлевают на станции 3333 до требуемой глубины (260 м) и откладывают на ней в соответствии с «верхним» масштабом (в 1 см 10 м) горизонты 210, 220, 230 м и т.д. Затем на нужной глубине (260 м) откладывают точку 6 0С на станции 3333 в «верхнем» масштабе. Теперь точки 6 0С для станций 2222 и 3333 оказались в одном масштабе («верхнем»). Их соединяют по линейке прямой линией и находят точку пересечения этой линии с горизонтом 200 м в «верхнем» масштабе.

Далее откладывают обе точки 6 °С (для станций 2222 и 3333) в другом общем масштабе – «нижнем». При этом вертикальную ось «нижнего» масштаба карандашом восстанавливают вверх на станции 2222 и откладывают на ней в соответствии с «нижним» масштабом (в 1 см 100 м) горизонты 100 и 0 м. Затем на требующейся глубине (20 м) откладывают точку 6 °С на станции 2222 в «нижнем» масштабе. Оказавшиеся в «нижнем» масштабе две точки 6 °С для станций 2222 и 3333 по линейке соединяют прямой линией и находят точку пересечения этой линии с горизонтом 200 м в «нижнем» масштабе. В результате получают точки выхода изотермы 6 °С на горизонты смены масштабов. Причем если построения выполнены верно, то концы изолинии в точках разрыва, лежащие в разных масштабах (т.е. на горизонте 200 м в «верхнем» и «нижнем» масштабах), должны располагаться строго на одной вертикали.

После проверки преподавателем, гидрологический разрез «поднимают» черным цветом. Дополнительные построения и лишние цифры стирают. Оформление гидрологического разреза заканчивают, подписав внизу по центру название рисунка (шрифт 3,5 мм).

Контрольные вопросы:

1. Почему нельзя провести изотермы на гидрологическом разрезе с помощью линейной интерполяции?
2. Как выполнить сопряжение линий, соединяющих точки, оказавшиеся в разномасштабных полях разреза?
3. Каким образом следует интерпретировать распределение температуры воды на гидрологическом разрезе?
4. Дать определение основных структурных зон вод океана.
5. Как выделить основные структурные зоны вод океана на гидрологическом разрезе?

Лабораторная работа 9 – Основные приборы для измерения температуры и отбора проб воды; порядок обработки показаний водных термометров

Цель работы: Знакомство с основными приборами для измерения температуры и отбора проб воды. Изучение порядка отбора проб воды. Измерение температуры воды поверхностным термометром. Приобретение навыка обработки показаний глубоководного термометра.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить принцип работы приборов для измерения температуры и отбора проб воды. Составить в тетради краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Обработать показания водных термометров, внеся необходимые поправки и получив исправленное значение температуры воды:

а) поверхностного термометра;

б) глубоководного термометра.

Результаты записать в тетради для лабораторных работ.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Водные термометры.

Измерение температуры воды производят с помощью ртутных термометров, электротермометров и самописцев температуры различных систем. При

работе с ртутными термометрами сложность состоит в том, как сохранить показание термометра при его подъеме с заданного горизонта и снятии отсчета.

Поверхностный (родниковый) термометр – это срочный ртутный термометр.

Резервуар термометра находится в металлическом или пластмассовом стакане. В этом стакане при подъеме термометра из воды и снятии отсчета остается вода, которая некоторое время сохраняет значение температуры на заданном горизонте. Поскольку объем воды небольшой, показания термометра не могут сохраняться долго. Кроме того, при подъеме термометра с какой-то глубины вода в стакане неоднократно меняется. При этом, если термометр проходит слои с разной температурой, вода в стакане будет иметь температуру, отличную от той, какая была на заданном горизонте. Следовательно, поверхностный термометр можно использовать только для измерения температуры воды на поверхности, в гомотермном слое, на мелководье и в реках, где вода перемешана по всей глубине.

Цена деления термометра 0,2 °С, следовательно, отсчет с термометра снимают с точностью до 0,1 °С.

Глубоководный опрокидывающийся термометр используют для измерения температуры на разных горизонтах.

Он представляет собой стеклянную герметичную трубку (стеклянный корпус), внутри которой укреплены два ртутных термометра: основной и вспомогательный.

Основной термометр устроен так, что при его опрокидывании часть ртути, вышедшей на заданном горизонте из ртутного резервуара в капилляр, отрывается и стекает в специальное расширение на конце этого капилляра (приемник капилляра). Размеры этого расширения зависят от объема ртути – волюма, отрывающегося при 0 ºС (значение волюма указано на самом термометре и в сертификате к нему). Таким образом, показания термометра при поднятии его с заданного горизонта сохраняются. В то же время при подъеме термометра и прохождении им слоев с разной температурой длина оторвавшейся части ртути изменяется. Если на поверхности теплее, длина ртути увеличится, если холоднее уменьшится.

Вспомогательный термометр служит для измерения собственной (т. е. температуры внутри герметичной стеклянной трубки) температуры термометра при снятии отсчета. Знание этой температуры необходимо, чтобы учесть величину изменения длины оторвавшегося столбика ртути при подъеме термометра и выхода его из воды (т. е. ввести поправку на изменение этой длины).

Хранить и перевозить термометры можно только в вертикальном положении ртутным резервуаром вниз.

2. Отбор проб воды.

В каждом отдельном случае при отборе проб воды следует учесть особенности данного водоема. Пробы должны быть отобраны так, чтобы они соответствовали всей массе исследуемой воды. При этом необходимо исключить такие случайности, как временная взмученность, поверхностное загрязнение и т. п.

Объем пробы должен быть достаточным для определения всех намеченных компонентов. Для газового анализа достаточно отобрать 0,5 л воды, для краткого общего анализа – 1 л и для полного общего анализа – 1,5-2 л воды. Если проводят специальные исследования, может потребоваться еще больший объем воды.

Для хранения и транспортировки проб применяют стеклянную или полиэтиленовую посуду, предварительно тщательно вымытую, высушенную и пронумерованную

От момента отбора пробы до времени проведения анализа не должно произойти изменений в содержании определяемых веществ или в их свойствах, поэтому наиболее неустойчивые компоненты следует определять немедленно или надежно фиксировать (консервировать) пробу.

3. Приборы для отбора проб воды.

Батометр служит для отбора проб с заданных горизонтов. Существует несколько конструкций батометров, но принципиально они представляют собой полые цилиндры, имеющие с двух сторон крышки (клапаны) той или иной конструкции. При погружении прибора в воду отверстия цилиндра остаются открытыми, благодаря чему вода свободно проходит через него. Когда батометр достигает нужного горизонта, крышки (клапаны) определенным способом закрывают. Вода, заполнившая батометр именно на этой глубине, оказывается изолированной от внешней среды.

Батометр опрокидывающийся называется так потому, что он закрывается при своем опрокидывании. Этот батометр неудобен при работе на малых глубинах (до 5 м), поскольку его нельзя опустить на глубину менее одного метра от дна, иначе при опрокидывании он ляжет на грунт.

Батометр придонный (Молчанова) закрывается без опрокидывания, поэтому он позволяет отобрать придонную пробу воды в непосредственной близости от дна. Вследствие этого, а также из-за невозможности использовать его для опускания глубоководных опрокидывающиеся термометры, этот вид батометров применяют в основном при работе на мелководье.

Для опускания термометров к опрокидывающемуся батометру крепится специальная рама, предназначенная для двух термометров.

В неопрокидывающихся батометрах термометр нередко находится внутри самого батометра.

Для установки в раме термометров на верхние и нижние донышки гильзы (пенала) вставляют пробковые или резиновые прокладки такой толщины, чтобы оба конца термометра одновременно касались их. Кроме того, концы термометра обматывают изоляционной лентой с таким расчетом, чтобы термометр входил в гильзу с некоторым трением. В противном случае термометр будет свободно болтаться в гильзе и может легко разбиться.

По окончании работы батометр (особенно внутреннюю часть цилиндра) тщательно промывают чистой пресной водой, для чего открытый батометр помещают в бак с пресной водой. Батометр просушивают в вертикальном положении. Хранят батометры в сухом месте.

Контрольные вопросы:

1. Как найти инструментальную поправку к поверхностному термометру?
2. Что такое волюм?
3. Что такое редукционная поправка? За счет чего она возникает?
4. Как определить знак редукционной поправки?
5. Как найти исправленные значения показаний правого и левого термометров?
6. Как найти принятую температуру?
7. Какие приборы служат для отбора проб воды?
8. Что такое проба воды, общая проба?
9. Каковы общие требования к отбору проб воды на газовый анализ?
10. Как можно отобрать пробу воды с поверхности (поверхностного слоя) водного объекта?

Лабораторная работа 10 – Гидрометрические приборы. Знакомство с устройством гидрометрической вертушки. Поплавки

Цель работы: Знакомство с основными приборами для измерения скорости течения. Изучение порядка проведения гидрометрических работ. Приобретение навыка измерения скорости течения в водотоках при помощи гидрометрической вертушки и поплавков.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить принцип работы приборов для измерения скорости течения в водотоках и порядок работы с ними. Составить в тетради для лабораторных работ краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Нарисовать схему гидрометрической вертушки, научиться собирать и разбирать гидрометрическую вертушку. Продемонстрировать приобретенный навык преподавателю.

Указания к выполнению лабораторной работы:

9. *Гидрометрическая вертушка и порядок работы с ней.*

Гидрометрические вертушки бывают разных типов, но каждая из них имеет следующие основные части:

- рабочие лопасти, воспринимающие движение воды;
- ось;
- счетно-контактный механизм;
- корпус;
- стабилизатор направления (хвостовое оперение).

Счетно-контактный механизм фиксирует число оборотов, совершаемых лопастями вертушки. Через определенное количество оборотов происходит замыкание электрической цепи и подается сигнал: звуковой (электрическим звонком) или световой (электрической лампочкой).

Счетно-контактное устройство находится в специальной водонепроницаемой камере в корпусе вертушки.

Стабилизатор направления (хвостовое оперение) необходим для установки вертушки лопастным винтом против течения, что особенно важно, при опускании вертушки в поток на тросе (лотлине).

Чтобы вертушку не относило течением, снизу с помощью специального устройства (вертлюга) подвешивают концевой гидрометрический груз, массу которого подбирают в зависимости от скорости течения.

При работе с гидрометрической вертушкой сначала записывают номер вертушки, указанный на счетно-контактном механизме.

После вывода вертушки на заданный горизонт (глубину, на которой измеряется скорость) по второму (иногда третьему) сигналу включают секундомер и начинают считать сигналы.

По первому четному сигналу после 100 секунд наблюдений выключают секундомер и записывают в журнал (на бланк) номер последнего сигнала и его время.

9. *Поверхностные поплавки и порядок работы с ними.*

Поверхностные стандартные поплавки представляют собой кружки дерева толщиной 5 см, диаметром 10-15 см.

Измерение расхода воды поверхностными поплавками по наибольшей поверхностной скорости течения является наиболее простым и быстрым способом, однако, применение его по ряду причин ограничено.

Расходы воды поверхностными поплавками измеряют в исключительных случаях:

- при отсутствии гидрометрической вертушки;
- при аварийном состоянии оборудования гидрометрического створа;
- во время ледохода;
- при рекогносцировочных работах для получения приближенного значения расхода воды.

При работе с поверхностными поплавками сначала поперек реки, помимо основного (главного), разбивают еще два створа (верхний и нижний) и дважды, чтобы избежать возможных ошибок, измеряют расстояние между ними (в направлении «туда» и «обратно»).

Отметив тем или иным способом выбранные створы, по очереди забрасывают в реку десять поплавков.

Наблюдатели, стоящие у верхнего и нижнего створов по секундомеру определяют время прохождения каждым поплавком расстояния между створами.

Получаемые результаты записывают на специальный бланк.

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях используют поверхностные поплавки?
2. Каковы основные части гидрометрической вертушки?
3. Через сколько оборотов гидрометрическая вертушка Жестовского подает сигнал?
4. Для чего нужен концевой гидрометрический груз?

Лабораторная работа 11 – Измерение гидрологической вертушкой и поплавками расхода воды в реке. Расчет расхода воды в реке

Цель работы: Знакомство с методами расчета расхода воды в реке. Приобретение навыка расчета расхода воды в реке при измерении гидрологической вертушкой и поплавками.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить основные гидрометрические характеристики водотоков. Дать их определение в тетради для лабораторных работ.

- расход воды в реке,
- бассейн реки,
- водное сечение,
- гидрометрический створ,
- живое сечение,

- мертвое пространство,
- метод «сечение – скорость»,
- модуль стока,
- объемный метод,
- площадь живого сечения,
- поперечное сечение,
- постоянное начало,
- промерная вертикаль,
- скоростная вертикаль,
- средняя глубина,
- средняя скорость,
- урез реки,
- часовой объем стока,
- ширина реки.

Задание 2. Рассчитать расход реки, измеренный:

а) гидрологической вертушкой,

б) поверхностными поплавками.

Задание 3. Построить профиль реки по гидрометрическому створу на листе миллиметровой бумаги стандартного формата А4 (210 × 297 мм).

Указания к выполнению лабораторной работы:

9. *Основные гидрометрические характеристики водотоков.*

Урез реки – след от пересечения поверхности воды с откосами русла, т. Е. сама кромка речной воды. Глубина на урезе воды составляет 0,0 м.

Ширина реки – расстояние по водной поверхности между урезами реки (в метрах).

Поперечное сечение получают пересечением русла реки плоскостью, перпен-дикулярной направлению потока.

Водное сечение – часть поперечного сечения, заполненная водой.

Живое сечение – часть водного сечения, в которой скорость течения выше аналитического нуля.

Мертвое пространство – часть водного сечения, в которой течение отсутствует (скорость равна нулю). Границу мертвого пространства определяют поверхностными поплавками.

Расход воды в реке (расход реки) показывает, какой объем воды в кубических метрах протекает через живое сечение реки за 1 с.

Гидрометрический створ – линия, перпендикулярная среднему направлению течения, вдоль которой производят работы, связанные с измерением рас-

хода воды в реке (в качестве временного гидрометрического створа удобно использовать мост).

Постоянное начало – так или иначе закрепленное на местности начало измерений вдоль гидрометрического створа (по ширине реки); при работе с моста (на временном гидрометрическом створе) за постоянное начало удобно принимать край моста или крайнюю стойку перил (желательно на правом берегу реки для удобства последующего построения графика).

Промерная вертикаль – точка на гидрометрическом створе, в которой измеряется глубина.

Скоростная вертикаль – точка на гидрометрическом створе, в которой измеряется скорость течения (она может совпадать и не совпадать с промерной вертикалью).

Площадь живого сечения рассчитывают по результатам промеров глубин.

9. *Порядок расчета расходов, измеренных с помощью вертушки.*

Сначала выписывают в подготовленную таблицу исходные данные в соответствии с вариантом задания.

Затем рассчитывают:

- среднюю (среднее арифметическое) глубину на вертикали;
- глубину опускания вертушки (горизонт): в долях глубины (в зависимости от средней глубины вертикали и в метрах; чтобы найти горизонт (в сантиметрах или метрах), на который должна быть опущена вертушка, глубину соответствующей рабочей вертикали надо умножить на долю этой глубины;
- сумму оборотов – как произведение числа сигналов на количество оборотов между сигналами;
- скорость вертушки в оборотах в секунду – путем деления суммы оборотов на отсчет по секундомеру;
- глубину между вертикалями – как среднее арифметическое из глубин двух соседних вертикалей; получаемые результаты для большей наглядности и удобства дальнейших расчетов целесообразно записывать между соответствующими строчками;
- расстояние между вертикалями – как разность расстояний до соответствующих вертикалей; получаемые результаты, как и средние глубины между вертикалями, целесообразно записывать между соответствующими строчками.

Составляют, в случае необходимости, тарировочную таблицу вертушки.

Находят скорость течения реки:

- используя тарировочную таблицу для данной вертушки, переводят скорость на горизонтах, выраженную в оборотах в секунду, в м/с;
- вычисляют среднюю скорость течения на каждой скоростной вертикали;

- рассчитывают последовательно среднюю скорость между каждой парой скоростных вертикалей, включая урезы реки; получаемые результаты целесообразно записывать между соответствующими строчками;

Получаемые результаты округляют до первых трех значащих цифр, но не точнее 0,01м/с.

Определяют площади водного сечения реки между промерными вертикалями в следующем порядке:

- умножая среднюю глубину между вертикалями на расстояние между ними, получают площадь живого сечения между промерными вертикалями;
- суммируя площади водного сечения между промерными вертикалями, получают площадь водного сечения реки.

Суммируя площади живого сечения между скоростными, находят площадь живого сечения реки.

Наконец рассчитывают расход воды в реке:

- находят частные, или элементарные расходы воды между скоростными вертикалями, перемножая соответствующие площади и скорости течения реки;
- суммируют элементарные расходы.

Результаты округляют до трех первых значащих цифр, если их значение не превышает 0,01. В последнем случае округляют до сотых.

9. *Порядок расчета расходов, измеренных с помощью поплавков.*

Выписывают в подготовленную таблицу исходные данные в соответствии с вариантом задания.

Рассчитывают наибольшую скорость течения, для чего:

- находят среднее (истинное) расстояние между створами как среднее арифметическое из двух измерений;
- из десяти поплавков, выпущенных в реку, выбирают три самых скорых, т. Е. показавших наименьшую продолжительность хода между створами;
- для каждого из трех выбранных поплавков рассчитывают скорость;
- определяют среднюю (как среднее арифметическое) наибольшую скорость движения этих трех поплавков.

Так называемый фиктивный (максимальный) расход рассчитывают, перемножая среднюю наибольшую скорость и площадь живого сечения.

Находят переходный коэффициент для перехода от фиктивного расхода к истинному. Этот коэффициент получают опытным путем на основании трех-пяти ранее измеренных вертушкой (истинных) расходов воды при уровнях, близких к тем, при которых измерен расход воды поплавками (или на основании одновременных измерений расхода вертушкой и поплавками). Для этого делят среднюю скорость, измеренную вертушкой, на наибольшую скорость,

полученную с помощью поплавков, или делят истинный расход на фиктивный расход. Полученные в обоих случаях результаты должны быть одинаковыми.

Контрольные вопросы:

1. Что такое живое сечение реки, гидрометрический створ?
2. Что такое водомерный пост и какого его назначение?
3. Что такое расход воды в реке?
4. Как можно измерить расход воды в реке?
5. Объясните разницу между промерной и скоростной вертикалями.
6. Как организовать измерение расхода воды основным н поплавочным методом?
7. Как измерить уровень воды?
8. Какие наблюдения сопровождают работы по измерению расхода воды?
9. Почему расход, измеренный с помощью поверхностных поплавков, является максимальным?

Лабораторная работа 12 – Океанологические факторы формирования биологической продуктивности природных вод

Цель работы: Познакомиться с понятием о биологическом продуцировании, первичной биологической продукции и биологической продуктивности водных экосистем. Изучить лимитирующие факторы для синтеза органического вещества. Рассмотреть океанологические условия, способствующие формированию зон повышенной биологической продуктивности и их распределение в Мировом океане.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить основные понятия, имеющие отношение к биологическому продуцированию, первичной биологической продукции и биологической продуктивности водных экосистем. Составить в тетради для лабораторных работ краткий конспект сведений о них.

Задание 2. Пользуясь данными карт атласов и учебной литературы [1-8, 12], нанести на контурную карту Мирового океана зоны повышенной биологической продуктивности, кратко объяснив в примечаниях причины их формирования.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Понятие о биологическом продуцировании и биологической продуктивности водных экосистем.

Биологическая продуктивность – экологическое и общебиологическое понятие, обозначающее способность водной экосистемы обеспечивать тот или иной темп воспроизводства биомассы растений, микроорганизмов и животных, входящих в ее состав.

Биомассой называют количество живого вещества растений, животных и микроорганизмов, находящихся в воде и донных отложениях водного объекта. Биологическая продуктивность различных водных экосистем проявляется во многих формах.

Мерой биологической продуктивности водной экосистемы служит величина биологической продукции, создаваемой за единицу времени на единице пространства: площади (для донных водных организмов) или объёма (для организмов, обитающих в толще воды).

Процесс непрерывного новообразования биомассы живых организмов в результате их развития и роста называют биологическим продуцированием.

Основу биологического продуцирования составляет первичная биологическая продукция.

Первичная биологическая продукция отражает количество органического вещества (углеводов, в частности, глюкозы), выработанного в процессе фотосинтеза автотрофными организмами (хлорофиллоносными растениями, в т. ч. водорослями, фитопланктоном, фитобентосом и автотрофными бактериями) из минеральных соединений.

Автотрофные организмы, автотрофы – живые организмы, синтезирующие необходимые для жизни органические вещества из неорганических, минеральных веществ. К автотрофам относятся:

- высшие (зеленые фотосинтезирующие) растения (кроме паразитов и сапрофитов),
- водоросли,
- некоторые бактерии, осуществляющие углеродное питание путем фотосинтеза, фоторедукции или хемосинтеза.

Автотрофы (после биогенных веществ) составляют первые звенья пищевых цепей, обеспечивая пищей гетеротрофов (поэтому их также иногда называют продуцентами). Играют важную роль в круговороте веществ в природе: при их отмирании и разложении происходит распад органических веществ, в результате чего в воду возвращаются минеральные вещества, потребленные ранее. Иногда резкой границы между автотрофами и гетеротрофами провести не удается.

Автотрофные организмы разделяют на фототрофов и хемотрофов.

2. Лимитирующие факторы для синтеза органического вещества.

Интенсивность фотосинтеза зависит, прежде всего, от освещенности и наличия необходимых растениям питательных (биогенных) веществ. Дополнительным условием является температура воды.

Элементы, из которых строится органическое вещество (кислород, водород, углерод), находятся в воде повсеместно и в достаточных количествах, и не лимитируют процесс фотосинтеза.

Однако энергия для синтеза органического вещества – солнечный свет, поступает в толщу воды сверху, ее количество с глубиной быстро убывает. Тем самым продуцированию органического вещества ставится предел, ограничивающий фотосинтез лишь верхним, достаточно освещенным слоем – слоем фотосинтеза. Таким образом, солнечный свет - это первый лимитирующий фактор.

В то же время, этот фактор, ограничивая продуцирование органического вещества по глубине, практически не лимитирует возможность фотосинтеза по площади Мирового океана (фитопланктон обнаружен даже подо льдом в Антарктике).

В достаточно глубоких водных экосистемах, в глубоких частях Мирового океана, глубина которых превышает слой фотосинтеза, основным продуцентом органического вещества является фитопланктон, сосредоточенный в верхнем достаточно освещенном слое (фитобентос занимает сравнительно небольшие площади на освещенных мелководных участках дна).

Фитопланктон, как и все живое, должен «питаться», для чего необходимы биогенные вещества, основные запасы которых сосредоточены в глубинных слоях, к поверхности концентрация биогенных веществ существенно убывает. Биогенные вещества – второй лимитирующий фактор, ограничивающий возможность продуцирования при их недостатке.

Недостаток биогенных элементов тормозит или вообще приостанавливает дальнейшее развитие растений. При этом потребление биогенных элементов подчинено так называемому «закону минимума» (закон Либиха).

В соответствии с этим законом фитопланктон изымает из воды, прежде всего, те элементы, отношение содержания которых в воде к их содержанию в теле водорослей (отношение предложения к спросу) достигает минимума.

3. Условия формирования зон повышенной биологической продуктивности.

Два лимитирующих условия для синтеза органического вещества (свет и биогенные элементы) в глубоких частях водных объектов оказываются разобщенными по вертикали: энергия для синтеза органического вещества – вверху, питательные вещества, необходимые для жизнедеятельности продуцентов, – внизу.

И там, где это разобщение отсутствует, т.е. там, где в хорошо освещенных слоях достаточна концентрация биогенных элементов, формируются зоны (районы) повышенной биологической продуктивности.

Следовательно, в глубоких водных объектах, в том числе, в Мировом океане, главным условием формирования зон повышенной биологической продуктивности является подъем вод, богатых биогенными веществами.

В мелководных экосистемах, во многих водных объектах суши слой фотосинтеза охватывает всю толщу вод, обогащенную биогенными веществами. Темп прироста первичной биологической продукции в них значительно выше, чем в Мировом океане.

Чем глубже водоем, тем (при прочих равных условиях) меньше его продуктивность. Именно этим объясняется тот факт, что такие глубокие озера, как Ладожское, Онежское, Виштынецкое – олиготрофные, а самое глубокое на Земле оз. Байкал – даже ультраолиготрофное. Продуктивность олиготрофных озер может быть в какой-то мере сопоставима с продуктивностью океанических вод.

4. Районы повышенной биологической продуктивности в Мировом океане.

Районами повышенной биологической продуктивности являются те области океана, где обогащенные питательными солями глубинные воды поднимаются вверх, в слой фотосинтеза, т. е. первопричиной формирования зон повышенной биологической продуктивности выступают факторы гидродинамические. Среди них главная роль принадлежит:

- дивергенции,
- циклоническому обращению вод,
- поперечной вертикальной и горизонтальной циркуляциям в течениях, обеспечивающим подъем глубинных вод.

Противоположное значение имеют малоподвижные районы океана и, в первую очередь, огромные области субтропических антициклональных макросистем северного и южного полушарий, в пределах которых происходит опускание вод, а потому наблюдаются наиболее низкие значения первичной продукции. В таких малопродуктивных районах жизнь бедна на всех глубинах, поскольку нисходящие потоки несут мало органических веществ и органических остатков для питания глубоководных организмов.

Самой продуктивной областью Мирового океана является:

шельфовая зона и

районы над материковым склоном.

Вследствие сравнительно малых глубин вертикальная циркуляция здесь легко проникает до дна (или почти до дна), при этом поверхностные хорошо освещаемые слои интенсивно снабжаются биогенными веществами, а придон-

ные – кислородом. Кроме того, происходит постоянное поступление питательных веществ с суши. Шельфовая зона обычно продуктивна во всей своей толще.

Особенно возрастает первичное продуцирование в местах апвеллинга, где величина первичной продукции достигает максимальных для Мирового океана величин, сопоставимых с показателями для звтрофных озер.

Контрольные вопросы:

1. Что такое биологическая продуктивность водной экосистемы?
2. Что такое первичная биологическая продукция?
3. Какие условия необходимы для продуцирования органического вещества?
4. Какие гидрологические факторы ограничивают биологическое продуцирование? Почему?
5 Перечислить океанологические условия, способствующие формированию зон повышенной биологической продуктивности.
6. Какие морфологические области Мирового океана наиболее продуктивны? Почему?
7. Какие широты наиболее продуктивны в Мировом океане и на суше? Почему?
8. Перечислите океанологические показатели зон повышенной биологической продуктивности.

Лабораторная работа 13 – Балтийское море

Цель работы: Познакомиться с основными характеристиками Балтийского моря. Изучить его географическое положение и границы, рельеф дна и грунт. Рассмотреть особенности климатических, гидродинамических, гидрохимических и ледовых условий в водоеме.

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Изучить общую физико-географическую, гидрологическую и гидрометеорологическую характеристику Балтийского моря. Составить в тетради для лабораторных работ краткий конспект.

Задание 2. Пользуясь данными карт атласов и учебной литературы [1-3, 8, 11-15], нанести на контурную карту Балтийского моря:

- границу между Балтийским и Северным морями;
- крупнейшие заливы, бухты, проливы, острова и полуострова;
- крупнейшие котловины и впадины;

- крупнейшие реки, впадающие в Балтийское море;
- схему постоянных поверхностных течений.

Указания к выполнению лабораторной работы:

1. Географическое положение и границы Балтийского моря.

Балтийское море лежит между параллелями 65°56′ и 54°46′ с. ш. и меридианами 9°57′ и 30°00′ в. д. и глубоко врезано в северо-западную часть Евразиатского материка. Оно является внутриконтинентальным шельфовым бассейном Атлантического океана, т.е. почти со всех сторон окружено сушей.

Связь Балтийского моря с Атлантическим океаном осуществляется в юго-западной части через Северное море, проливы Скагеррак, Каттегат и Датские проливы (Большой и Малый Бельт, Эресунн (Зунд) и Фемарн-Бельт), однако, эта связь затруднена из-за мелководности проливов (глубина на порогах 7-18 м). Затрудненный водообмен между Балтийским и Северным морями играет важнейшую роль в формировании природных особенностей Балтийского моря.

Балтийское море омывает берега Дании, Германии, Польши, Латвии, Литвы, Эстонии, России, Финляндии и Швеции. На западе граница Балтийского моря проходит по линии мыс Скаген (северная оконечность п-ва Ютландия) – юго-западная оконечность о. Черн (севернее Гетеборга).

Площадь Балтийского моря вместе с проливами составляет 425,4 тыс. км^2, а объем воды - 20,1 тыс. км^3.

Средняя глубина моря 48 м, максимальная 470 м (в точке 58°35' с.ш. и 18°14' в.д.). Преобладают глубины до 50 м, на долю которых приходится 60 % площади моря, на долю глубин более 200 м – около 0,3 % площади моря.

Балтийское море по занимаемой площади сопоставимо с Черным и Каспийским морями, но значительно больше по площади, объему и средней глубине Белого, Азовского и некоторых других морей.

2. Берега и рельеф дна.

Балтийское море имеет очень длинную изрезанную береговую линию, что обусловлено наличием многочисленных заливов и островов, особенно в северной его части. Общее количество островов составляет несколько тысяч, но большинство из них очень мелкие. Наиболее крупные острова: Готланд, Эланд, Сааремаа, Рюген, Хийумаа, Борнхольм и др.

Кильский канал (длина 100 км) соединяет Балтийское море с Северным. Канал был открыт для судоходства в 1895 г. Он почти на 300 км сокращает путь в Северное море.

Кроме того, по Балтийскому морю пролегает внутренний водный путь (по территории Швеции), позволяющий попасть в пролив Каттегат, и внутренний водный путь из Финского залива в Белое, Черное и Каспийское моря.

Собственно Балтийское море (без заливов, проливов и бухт) подразделяется на северную часть (от широты Ирбенского пролива на север), центральную часть (от широты Ирбенского пролива до Клайпеды) и южную часть Балтики (от широты Клайпеды до Датских проливов). Меридиан, пересекающий острова Форе и Готланд, условно делит Балтику на восточный и западный секторы.

На юго-востоке и юге Балтийского моря берега преимущественно низкие, песчаные, лагунного типа; вдоль них тянутся дюны, покрытые лесом. Со стороны моря берега окаймлены песчаными и галечными пляжами. На севере и северо-западе Балтийского моря берега сравнительно высокие, скалистые и большей частью окаймлены шхерами.

Характерной особенностью восточного берега Балтийского моря является наличие на нем множества мелководных озер и лагун, отделенных от моря узкими песчаными косами; самые значительные из этих лагун называются заливами (Куршский и Калининградский (Вислинский)).

В Балтийском море и в его заливах, а также в проливах, ведущих из Балтийского моря в Северное море, имеется много островов самых различных по величине, строению, характеру берегов, растительности, обитаемости и навигационному значению:

- Финский залив (изобилует островами, различными по величине, характеру берегов и растительности);
- Рижский залив (из островов, лежащих у входа в залив, самыми большими являются острова Хийумаа и Сааремаа, которые на востоке отделены от материкового берега мелководным проливом Муху-Вяйн, а на юге – глубоководным Ирбенским проливом. В северной части пролива Муху-Вяйн лежит остров Вормси, а в южной его части – остров Муху);
- Ботнический залив (на входе в залив на 60-100 миль к западу от его восточного берега простираются Або-Аландские шхеры, насчитывающие около 6500 островов, островков и надводных скал; самым большим в этой группе является остров Аланд. От западного берега Ботнического залива Або-Аландские шхеры отделены проливом Сёдра-Кваркен, по которому пролегает основной фарватер, ведущий в залив);

Почти посредине северной части Балтийского моря расположен остров Готланд, являющийся самым большим островом в Балтийском море. Вблизи его северной оконечности лежит остров Форе, а в 26 милях к северо-северо-востоку от него – остров Готска-Сандё.

У западного берега северной части Балтийского моря лежит остров Эланд, отделенный от материка проливом Кальмарсунд. Все эти острова принадлежат Швеции.

Посредине южной части Балтийского моря расположен большой остров Борнхольм, принадлежащий Дании. Остров Борнхольм представляет собой вы-

сокое плато, покрытое лесами и полями. Берега его большей частью обрывистые и приглубые.

У южного берега южной части моря лежат остров Рюген и остров Фемарн, принадлежащие ФРГ. Восточная часть острова Рюген высокая, а западная – низкая.

Пролив Каттегат имеет в ширину 30-80 миль, однако, плавание по нему в значительной степени затруднено обширными отмелями, банками и скалами.

Протяженность пролива Скагеррак с северо-востока на юго-запад около 130 миль, а ширина его около 70 миль.

Балтийское море по своему геологическому строению является неглубоким шельфовым морем с сильно расчлененным рельефом дна. В нем преобладают глубины менее 100 м, но посредине его северной части имеется район с глубинами более 100 м.

В 38 милях к востоку от острова Готланд расположена Готландская впадина с глубиной 249 м, а в 45 милях к северу от него находится впадина Ландсортская с глубиной 470 м, являющаяся самой глубокой впадиной в Балтийском море.

В северной части Гданьского залива имеется впадина с глубиной 114 м. В южной части Балтийского моря глубины уменьшаются от 50-90 м на востоке до 30-40 м на западе района. Берега здесь окаймлены обширными отмелями с глубинами менее 20 м и шириной местами до 40 миль.

Как в северной, так и в южной частях Балтийского моря на значительном удалении от берегов среди больших глубин имеются многочисленные банки.

Преобладающий грунт в Балтийском море глина. В мелководных местах грунт – песок, в прибрежных районах преимущественно мелкий песок, а вдали от берегов и на банках грунт – крупный песок. В некоторых местах встречается слоистый грунт: ил и глина или песок и глина. В шхерных районах на дне лежат многочисленные скалы и камни.

В пределах Балтийского нефтегазоносного бассейна открыты промышленные залежи нефти, подавляющая часть которых связаны со среднекембрийскими отложениями (Калининградская область, Латвия, Литва). Месторождения калийной соли позднепермского возраста известны в пределах Калининградской области. В пределах акватории Балтийского моря (и его обрамления) установлены промышленные месторождения строительных материалов (пески, гравий), фосфоритов, железомарганцевых конкреций и янтаря.

3. Гидрологический режим.

Гидрологический режим Балтийского моря определяется в основном характером водообмена с Северным морем. В прибрежных районах, кроме того, существенное значение приобретают речной сток и конфигурация береговой линии.

В целом для гидрологического режима Балтийского моря характерны хорошо развитые ветровые течения, преобладание волн высотой до 2 м, относительно высокая температура и малая соленость воды. Одной из отличительных особенностей уровенного режима Балтийского моря являются сейшевые колебания уровня.

Гидрологический режим проливов довольно своеобразен. В результате водообмена между Северным и Балтийским морями в проливах образуется система двухслойных течений. В поверхностном слое основной поток, направленный из Балтийского моря в Северное, несет с собой менее соленые и менее плотные воды. В глубинных слоях, наоборот, более соленые и более плотные воды Северного моря следуют в сторону Балтийского моря.

Неодинаковый в течение года и от места к месту радиационный прогрев поверхности моря обусловливает сезонные различия величин поверхностной температуры воды и их пространственного распределения. Зимой она несколько ниже у берегов, чем в открытых частях моря, при этом у западного берега температура воды несколько выше, чем у восточного, что объясняется охлаждающим влиянием Европейского материка.

Летом поверхностные воды нагреты наиболее сильно, но неодинаково в разных районах моря, что сказывается на распределении температуры на поверхности, которое для августа показано на карте (рисунок 6). Понижение температуры воды у западных берегов в центральном и южном районах моря объясняется преобладанием западных ветров, сгоняющих поверхностные слои воды от западных берегов, на место этих слоев поднимаются более холодные глубинные воды. Кроме того, вдоль шведских берегов на юг проходит холодное течение из Ботнического залива.

Столь ясно выраженные сезонные изменения температуры воды захватывают только верхние 5-60 м. Глубже температура воды меняется очень мало. В холодный сезон температура воды имеет близкие значения от поверхности до горизонтов 50-60 м, глубже она несколько ниже и остается почти неизменной до дна. В теплый сезон температура воды на поверхности повышается за счет радиационного прогрева, который распространяется до горизонта 20-30 м. Отсюда она скачкообразно понижается до горизонтов 60-70 м и затем снова несколько повышается ко дну. Холодный промежуточный слой сохраняется и летом, когда поверхностный слой прогревается еще сильнее и термоклин выражен более резко, чем весной.

Ограниченный водообмен с Северным морем и значительный речной сток обусловливают низкую соленость и характерные черты пространственно-временных изменений ее величин в Балтийском море.

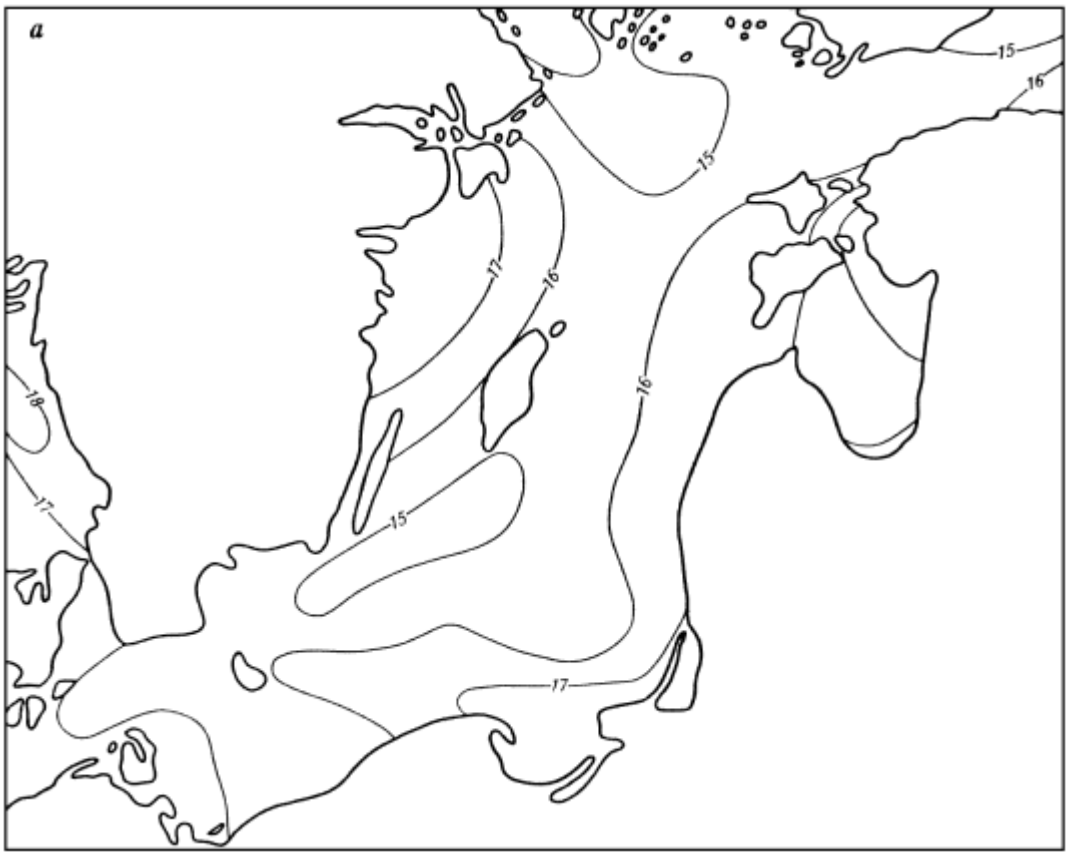

Рисунок 6 – Распределение температуры воды в Балтийском море летом на поверхности, °С [15]

Распределение солености на поверхности моря показано на рисунке 7, из которого видно общее уменьшение ее величин с запада на восток, что связано с преимущественным поступлением речных вод в восточную часть Балтики. В северной и среднем районах центрального бассейна соленость несколько уменьшается с востока на запад, так как циклоническая циркуляция вод переносит соленые воды с юга на северо-восток вдоль восточного берега моря дальше, чем вдоль западного. Уменьшение поверхностной солености в общем прослеживается и с юга на север.

Осенне-зимнему сезону свойственно некоторое повышение солености верхних слоев вследствие сокращения речного стока и осолонения при льдообразовании. Весной и летом соленость на поверхности уменьшается на 0,2-0,5 ‰ по сравнению с холодным полугодием. Это объясняется значительным опресняющим влиянием материкового стока и весенним таянием льда. Почти для всего моря характерно значительное увеличение солености от поверхности ко дну. К примеру, в Борнхольмской впадине соленость на поверхности равна 7,0 ‰ и около 20,0 ‰ у дна.

Рисунок 7 – Распределение солености в Балтийском море
летом на поверхности, ‰ [15]

В осенне-зимнее время поступление североморских вод в Балтийское море увеличивается, а в летне-осеннее – несколько уменьшается, что влечет за собой соответственно повышение или понижение солености глубинных вод в море.

3. Динамика и уровень вод.

В Балтийском море наблюдаются сгонно-нагонные, сейшевые, сезонные и приливные колебания уровня.

Сезонные колебания уровня обусловлены гидрометеорологическими факторами (ветер, речной сток, изменение атмосферного давления).

Сгонно-нагонные колебания уровня зависят от продолжительности, направления и скорости ветра. Величина сгонно-нагонных колебаний в открытом морс около 0,5 м, а в вершинах бухт и заливов 1,5-2 м.

Сейшевые колебания уровня вызываются в основном резкими изменениями атмосферного давления. Величина сейшевых колебаний в открытом море 0,2-0,3 м, а в прибрежной зоне достигает местами 1,5 м. Период сейш 23-26 ч.

Приливные колебания уровня в Балтийском море из-за его слабой связи с океаном и сравнительно малых размеров невелики. Средняя величина прилива, как правило, не превышает 0,2 м.

Течения в Балтийском море представлены в основном постоянными и ветровыми.

Постоянное поверхностное течение формируется в северной части моря в результате слияния двух течений, выходящих из Финского и Ботнического заливов. Общий поток следует вдоль берегов Швеции на юго-запад; затем, огибая с двух сторон остров Борнхольм, через проливы он выходит в Северное море. Вдоль южного берега Балтийского моря течение направлено на восток. В районе Гданьского залива оно поворачивает на север и идет вдоль восточного берега моря до острова Хийумаа. Здесь течение разделяется на три ветви. Одна ветвь следует в Рижский залив, где образует циклонический круговорот (рисунок 8).

Другая ветвь входит в Финский залив и идет вдоль его южного берега, затем поворачивает на северо-запад и, следуя вдоль северного берега, выходит из залива.

Третья ветвь направляется на север и через проливы Або-Аландских шхер проникает в Ботнический залив. Здесь она идет вдоль берегов Финляндии на север, огибает северный берег залива и вдоль берегов Швеции следует на юг. В центральной части Ботнического залива наблюдаются замкнутые циклонические круговороты. Циклонические циркуляции отмечаются также между восточным берегом моря и островом Готланд и западным берегом моря и тем же островом.

Постоянные поверхностные течения в Балтийском море слабые и неустойчивые. Средняя скорость постоянных течений 0,1-0,5 узла, местами 0,7-0,9 узла.

Постоянные течения в проливах Зунд, Большой Бельт, Малый Бельт, Каттегат и Скагеррак определяются в основном водообменом между Балтийским и Северным морями. Для проливов характерна система двухслойных течений: в поверхностном слое течение идет из Балтийского моря в Северное, а в глубинных слоях – в обратном направлении. Особенно отчетливо эта система выражена в проливе Большой Бельт.

На режим течений в Балтийском море большое влияние оказывают скорость и направление преобладающих ветров. Ветровые течения в Балтийском море часто преобладают над постоянными, особенно осенью и зимой. Направление их совпадает с направлением преобладающих ветров, а у берегов на направление ветровых течений влияет конфигурация береговой линии. Скорость ветровых течений в значительной степени зависит от силы ветра. В открытом море скорость ветровых течений обычно около 2 узлов, но при сильных штормах она превышает 3 узла.

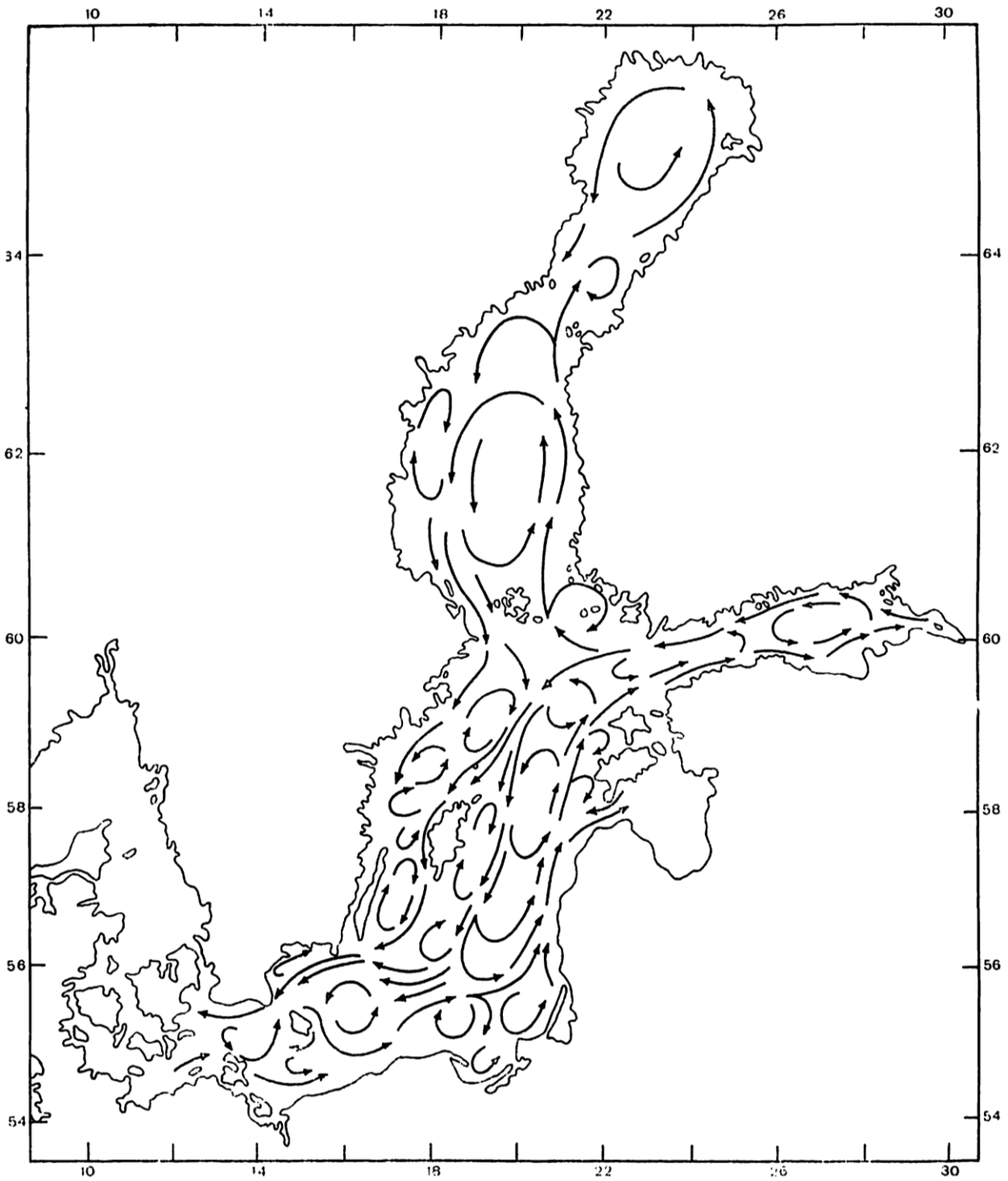

Рисунок 8 – Течения на поверхности Балтийского моря [11]

В Балтийском море в течение всего года преобладают волны высотой менее 2 м (повторяемость 70-100 %). Очень сильное волнение (высота волн 6 м и более) отмечается крайне редко; повторяемость его, как правило, не превышает 1 %, лишь иногда в зимние месяцы составляет 2 %.

4. Ледовые условия.

Лед в Балтийском море образуется ежегодно, но сроки его появления и исчезновения, а также степень распространения зависят от суровости зимы.

Процесс льдообразования происходит в направлении с востока на запад. Первый лед, как правило, появляется в заливах и бухтах, глубоко вдающихся в берег. В Финском и Рижском заливах ледовый период начинается в середине ноября, в южной части моря в суровые и очень суровые зимы – во второй половине ноября, а в умеренные и мягкие – в конце декабря-начале января.

В западной части моря первый лед в суровые и очень суровые зимы появляется в середине или в конце декабря, а в умеренные и мягкие – в январе-начале февраля.

В южной половине Ботнического залива первое появление льда отмечается в середине января, а в северной половине – в ноябре-начале декабря. В проливах Зунд, Большой Бельт, Малый Бельт, Каттегат и Скагеррак первый лед появляется в середине января (в проливе Скагеррак в суровые зимы – в начале января).

Максимальное развитие ледяного покрова отмечается в конце февраля - марте.

Разрушение ледяного покрова в восточной части моря происходит в направлении с запада на восток. В Финском и Рижском заливах разрушение припая начинается в третьей декаде марта-начале апреля. В суровые зимы Финский залив окончательно очищается ото льда во второй половине мая, в умеренные – в начале мая, а в мягкие – в первой или второй декаде апреля.

Рижский залив в суровые зимы очищается ото льда в середине мая, а в умеренные – в третьей декаде апреля. Разрушение ледяного покрова в Рижском заливе начинается с Ирбенского пролива. В суровые зимы Рижский залив очищается ото льда в середине мая, а в умеренные – в третьей декаде апреля.

В Гданьском заливе вскрытие происходит во второй половине февраля. В южной части моря разрушение ледяного покрова в суровые и очень суровые зимы начинается в марте, а в умеренные – в начале февраля. В умеренные зимы полное очищение ото льда происходит в конце февраля-марте, в суровые зимы – в начале апреля. Окончательное очищение ото льда происходит соответственно в начале апреля и в конце февраля-марте.

В западной части моря таяние льда и разрушение ледяного покрова в суровые и очень суровые зимы начинается в апреле, а в умеренные и мягкие – во второй половине марта; полностью очищается ото льда этот район в конце апреля.

Ботнический залив начинает очищаться ото льда в конце марта - начале апреля; разрушение ледяного покрова происходит в направлении с юга на север. Окончательное очищение ото льда в южной части залива отмечается в первой декаде мая, а в северной – в третьей декаде мая. В вершине Ботнического залива лед может наблюдаться в начале июня. В исключительно суровые зимы лед в северной части залива может удерживаться до июля.

В районе Датских проливов разрушение ледяного покрова начинается в середине марта; в апреле проливы уже полностью свободны ото льда.

Средняя толщина льда в Балтийском море невелика (0,1-0,3 м), но в суровые и очень суровые зимы она может увеличиваться до 0,8 м, а иногда до 1 м.

Неподвижный лед образуется в восточной части моря преимущественно в конце декабря-начале января. В северной части Ботнического залива припай устанавливается в конце ноября-начале декабря, а в южной – в январе-феврале. В проливах он образуется в начале февраля.

В результате сжатия льда местами возникают наслоенный и набивной лед, а также торосы. Например, высота торосов в вершине Ботнического залива в очень суровые зимы достигает 20 м.

В открытом море, а также в открытых частях заливов обычно наблюдается дрейфующий лед, состоящий из битого льда и ледяных полей, перемещающихся в направлении ветра. Сплоченность дрейфующего льда обычно 8-10 баллов, в апреле она понижается на 1-2 балла.

Средняя продолжительность ледового периода колеблется в Финском заливе колеблется от 105 до 165 дней, в Рижском заливе – от 95 до 150 дней, вдоль восточного берега моря от 45 до 95 дней.

Средняя продолжительность ледового периода в южной части моря 20-25 дней, а в северной части она достигает 160-210 дней. Наибольшая продолжительность этого периода (220-245 дней) наблюдается в Ботническом заливе.

Контрольные вопросы:

1. Как Балтийское море соединяется с Атлантическим океаном?
2. Каковы главные морфологические особенности моря?
3. Охарактеризовать систему движения вод в Балтийском море.
4. Дать характеристику закономерностей горизонтального и вертикального распределения температуры, солености, растворенного кислорода, биогенных веществ в Балтийском море. С чем они связаны?
5. Описать главные особенности рельефа дна Балтийского моря.
6. Охарактеризовать ледовый режим Балтийского моря.
7. Какие донные осадки наиболее характерны для Балтийского моря?
8. Проанализировать основные закономерности и аномалии распределения температуры воды на поверхности Балтийского моря.
9. В чем состоят особенности системы течений и водообмена Балтийского моря с Северным, а также моря с Куршским и Вислинским заливами?

Заключение

Лабораторные занятия по дисциплине «Учение о гидросфере» могут проходить в разных формах, но при любой его форме, обязательной для студента является самостоятельная работа с литературой, предшествующая занятию и последующая за ним. Предварительная самостоятельная работа важна для качественного выполнения лабораторных заданий, а также для полноценного усвоения знаний, умений и навыков.

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется активно использовать ресурсы сети Интернет: можно пользоваться размещенными там электронными учебниками, хрестоматиями, справочниками и энциклопедиями, картами и атласами. Необходимо использовать электронные атласы и карты, официальные сайты научных изданий и метеорологических организаций, например, Росгидромета.

Студенты, пропустившие занятие, могут быть аттестованы по данной теме только после выполнения соответствующей лабораторной работы и сдачи ее преподавателю. Промежуточная аттестация по дисциплине «Учение о гидросфере», предусмотренная учебной программой – экзамен. Выполнение всех лабораторных работ, их успешная защита и сдача тестов является допуском до экзамена. Разделы и темы, рассмотренные на лабораторных занятиях, включены в перечень экзаменационных вопросов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рекомендуемая литература:

1 Атлас Мира МИЛЛЕНИУМ [Текст]: пер. с англ. / ред.: Карельский Д., Красновская О., Привалова М. – Москва: Слово, 2001. – 492 с.

2 Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны [Текст]: науч. изд. / ВМФ М-ва обороны СССР; отв. ред.: С. Г. Горшков и др., гл. ред.: В. И. Фалеев. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии М-ва обороны СССР, 1977. – 306 с.

3 Атлас океанов. Атлантический и Индийский океаны [Электронный ресурс]. – URL: https://structure.mil.ru/files/morf/military/files/Atlas_okeanov_-_Atlanticheskiy_Indiyskiy.pdf.

4 Атлас океанов. Северный Ледовитый океан [Текст] / отв. ред. Горшков, С. Г. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии М-ва обороны СССР, 1980. – 188 с.

5 Атлас океанов. Северный Ледовитый океан [Электронный ресурс]. – URL: https://structure.mil.ru/files/morf/military/files/Atlas_okeanov_-_Severniy_Ledovitiy_okean.pdf

6 Атлас океанов. Тихий океан [Текст] / отв. ред. Горшков, С. Г. – Москва: Гл. упр. навигации и океанографии Мин-ва обороны СССР, 1974. – 322 с.

7 Атлас океанов. Тихий океан [Электронный ресурс]. – URL: https://structure.mil.ru/files/morf/military/files/Atlas_okeanov_-_Tihiy_okean.pdf

8 Берникова Т.А. Гидрология с основами метеорологии и климатологии: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. / Т.А. Берникова. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 428 с.

9 Берникова Т.А., Цупикова Н.А. Гидрология: толковый тематический словарь-справочник / Т.А. Берникова, Н.А. Цупикова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2017. – 452 с.

10 Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика: учеб. пособие / Т.А. Берникова [и др.]; Федер. агентство по рыболовству. - Москва: Колос, 2008. – 303 с.

11 Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 03. Балтийское море. Выпуск 1. Гидрометеорологические условия. Справочник. // СПб: Гидрометеоиздат, 1992. – 451 с.

12 Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том 03. Балтийское море. Выпуск 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. Справочник. // СПб: Гидрометеоиздат, 1994. –435 с.

13 Гидрометцентр России. Температура поверхности морей - текущие значения. [Электронный ресурс] – URL: https://meteoinfo.ru/seascurrentsst

14 Гидрометцентр России. Текущее состояние ледового покрова на морях. [Электронный ресурс] – URL: https://meteoinfo.ru/current-sea-ice

15 Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. – 192 с.

Локальный электронный методический материал

Цупикова Надежда Александровна

УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 3,9. Печ. л. 3,6.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1