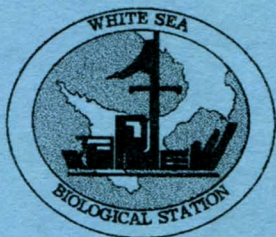


А. И. БАБКОВ

**Гидрология
Белого моря**

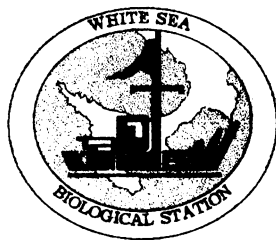


**Санкт-Петербург
1998**

Зоологический институт РАН
Беломорская биологическая станция
им. академика О. А. Скарлато

А. И. БАБКОВ

ГИДРОЛОГИЯ БЕЛОГО МОРЯ



Редактор В. Я. Бергер

Санкт-Петербург
1998

**Зоологический институт РАН
Беломорская биологическая станция
им. академика О. А. Скарлато**

А. И. Бабков. *Гидрология Белого моря.* 1998. 94 с.
Илл. 19, Библ. 101.

В сборник вошли рукописи покойного гидролога Беломорской биостанции А. И. Бабкова, найденные в его архиве после его кончины. Несмотря на то, что публикуемые работы не вполне окончены, они представляют интерес для специалистов.

Сборник предназначен для гидрологов и биологов, работающих на Белом море.

© А. И. Бабков, 1998
© Беломорская Биостанция, 1998
© А. Д. Наумов, оформление, 1998

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый сборник публикаций составлен из работ, которые найдены были в архиве А. И. Бабкова после его смерти. Нам хотелось таким способом отдать дань уважения и еще раз напомнить об этом замечательном человеке, с которым посчастливилось вместе жить и работать.

Эти статьи не были завершены автором. Их практически не коснулась и редакторская правка. Мы решили сохранить их в таком виде, какими их оставил Алексей Иванович незадолго перед своей кончиной. По этой причине в тексте есть пропуски, отсутствует часть рисунков, а приведенные имеют некоторые недостатки. Все это Алексей Иванович, бывший очень аккуратным человеком, без сомнения исправил бы и доработал, но не успел...

В книгу включена и его статья с несколькими соавторами, которая была полностью подготовлена к публикации в сборнике научных работ, издаваемом Санкт-Петербургским государственным университетом.

К этому добавлено краткое жизнеописание А. И. Бабкова, написанное его вдовой и список опубликованных им работ.

Мы сделали то, что могли, хорошо сознавая, насколько ничтожно это перед огромностью утраты человека, с которым нас связывали любовь, дружба, искреннее уважение и общее дело.

В. Я. Бергер



Алексей Иванович Бабков
1931–1996

АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ БАБКОВ

Ушел из жизни Алексей Иванович Бабков. Он умер 24 июля 1996 г после тяжелой болезни.

Алексей Иванович родился 2 сентября 1931 г. в Ленинграде. Поступив в 1949 году на географический факультет Ленинградского государственного университета им. Жданова, он окончил его по специальности географ-океанограф (кафедра океанографии) в 1954 году.

Более 45 лет жизни посвятил Алексей Иванович изучению мирового океана, морских акваторий и озер.

Еще студентом он начал работать (проходил практику) на Дальневосточных морях. После окончания ЛГУ Алексей Иванович был направлен в Научно-исследовательский гидрометеорологический институт г. Владивосток. До 1958 г. работал в институте в должности младшего научного сотрудника. Занимался комплексным изучением течений, волнений и других гидрологических характеристик водных акваторий, участвуя в экспедициях научно-исследовательского судна «Витязь» в Японском и Охотском морях, Курильских проливах, проливе Лаперуза и Тихом океане.

По результатам исследований Алексеем Ивановичем был написан раздел «Волны» в Гидрометеорологический справочник по Японскому морю. (Гидрометеоиздат. Том II. 1958 г.)

С самого начала своей деятельности Алексей Иванович отличался удивительной работоспособностью и широким подходом к поставленной задаче.

С мая 1958 г. по август 1969 г. Алексей Иванович работал в Лаборатории аэрометодов АН СССР (с 1961 г. ЛАЭМ была переведена в Министерства геологии и охраны недр СССР).

Работая в составе морской геологической группы геологического отдела, а затем в фотограмметрическом отделе Лаборатории Алексей Иванович занимался вопросами течений и широким кругом проблем изучения моря с применением аэрометодов. Обеспечивал гидрологическую часть исследований при работах по применению аэрометодов при геолого-геоморфологическом изучении и картировании мелководных

акваторий с целью определения их нефтегазоносности (о. Сахалин, Каспийское море) и других полезных ископаемых.

В девяти экспедициях на Черном, Азовском, Каспийском, Балтийском и Дальневосточных морях Алексей Иванович, помимо гидрологических исследований, принимал непосредственное участие в большинстве аэрофотосъемочных работ и аэровизуальных наблюдениях. Занимался изучением морских течений с самолета. В результате был получен обширный аэрофотосъемочный материал (плановые аэроснимки и перспективные фотосхемы), дешифрование и инструментальная обработка которого легли в основу изучаемого вопроса. По результатам исследований было написано 10 статей и 9 отчетов по темам (частично разделы в отчет). Фонды Лаборатории аэрометодов – ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт космоаэрометодов.

В 1967 г. Алексеем Ивановичем была написана диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук на тему «Авианаблюдения морских гидрологических фронтов» Предзащита работы прошла на кафедре океанографии Ленинградского государственного университета. Но, к сожалению, работа не прошла завершающей стадии и не была защищена.

В 1969–1971 гг. Алексей Иванович работает в лаборатории Аэрокосмических методов земледования Физического института ЛГУ в должности старшего сотрудника, где продолжает заниматься гидрологическим исследованием с применением космических снимков и телеизображений со спутников. Лаборатория сотрудничает с космонавтами. В 1969 году он принимает участие в первом подспутниковом эксперименте – экспедиция на Каспийское и Аральское моря и Карабугаз-Гол – неудачно, над территорией облачность. Написана в это время статья «Опыт использования спутниковых ТВ изображений облачности для исследования фронтальных зон Тихого океана» издана в 1975 г.

С 1971–1973 годы Алексей Иванович работает в отделе озер и водохранилищ государственного Гидрологического института старшим инженером. Он занимался изучением оз. Байкал в Селенгинском районе. В 1971 г. проводил аэровизуальные наблюдения и аэрофотосъемку в этом районе.

В 1972 году Алексей Иванович направляется институтом на семинар в Канадский центр внутренних вод (в г. Бурлингтон –

оз. Онтарио) по полевой практике, который предусматривал организацию исследований по пяти направлениям (метеорология озер, водный баланс, тепловой баланс, динамика вод, биология и химия). Были оформлены техническое задание и все необходимые документы, но поездка не состоялась. Накануне отъезда был получен отказ без разъяснения. Анкета не позволила.

Алексей Иванович около 30 лет сотрудничал с реферативным журналом «Астрономия». Реферировал статьи, связанные с аэрометодами, затем с более широким кругом вопросов на французском и английском языках.

Французский язык освоил самостоятельно и довольно легко мог заниматься переводами специальной литературы и читал художественную литературу.

Алексей Иванович сотрудничал с кафедрой океанографии ЛГУ и другими организациями. Консультировал сотрудников кафедры и других коллег. Он был очень эрудированным и скромным человеком. Всегда требовательным к себе и людям. Ценил время и не тратил его зря. Все, чем занимался, делал умело, тщательно, красиво. Рисовал, любил работать с деревом и кожей.

Н. Г. Бабкова

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ РАЙОНОВ БЕЛОГО МОРЯ

А. И. Бабков

Белое море – одно из самых малых в Мировом океане: по площади и объему ему уступает лишь Азовское море, и только по объему – Мраморное. По сложности конфигурации береговой линии оно не имеет аналогов даже среди Австрало-Азиатских морей. Вместе с тем, следует иметь в виду, что протяженность этого относительно небольшого моря с севера на юг более 500 км, то есть одна только разница широтного положения может быть причиной различия климатических условий между крайними точками моря. Кроме того, расчлененность моря и специфика морфометрии его частей, неравномерность пространственного распределения речного стока, вторичные элементы общей циркуляции вод, циклонические и антициклонические круговороты, местные особенности ветров и ветрового волнения и некоторые другие факторы являются причиной существенных различий между отдельными акваториями. К. М. Дерюгин (1928) писал: «...гидрологический режим Белого моря настолько многогранен, что почти для каждого небольшого района надо устанавливать его особо».

Характеристики отдельных районов моря с акцентом на их особенностях будут даны дальше, но вначале необходимо остановиться на общем обзоре, обратив внимание на те процессы, которые определяют облик всего Белого моря в целом. К таким процессам относятся: водообмен с Баренцевым морем, общая циркуляция вод, различные виды перемешивания и формирование водных масс. Эти процессы, оказывающие первостепенное влияние на гидрологическую и биологическую структуру моря, и наиболее важный из них – формирование водных масс – были подробно рассмотрены в нашей предыдущей работе (Бабков, Голиков, 1984) и поэтому здесь лишь кратко изложены основные положения.

Белое и Баренцево моря сообщаются между собой посредством Воронки и Горла. Поперечная протяженность Воронки достаточно велика – более 150 км. Ширина Горла в самом узком месте порядка 46 км. Таким образом, горизонтальные протяженности Воронки и Горла не препятствуют проникно-

вению в Белое море баренцевоморских вод. Тем не менее, основные характеристики вод соседних морей существенно различаются. Это различие обусловлено местными факторами, из которых главную роль играет речной сток в Белое море, непосредственно или опосредованно разбавляющий баренцевоморские воды. В этом отношении Белое море не отличается от других арктических морей, воды которых формируются в результате взаимодействия вод главным образом атлантического происхождения с водами материкового стока. Формирование беломорских вод тесно связано с общей циркуляцией в море, а поэтому оба процесса следует рассматривать совместно.

Баренцевоморские воды, минуя Воронку и Горло, в пределах Бассейна и заливов вовлекаются в общий циклонический круговорот постоянного течения (рис. 1), подвергаясь как прогреву, так и опреснению стоком рек. Поскольку площадь и меридиональная протяженность Белого моря достаточно велики, а речной сток распределен неравномерно, то условия нагрева и распреснения по акватории моря не одинаковы. Кроме того, речной сток сам по себе не только распресняет, но и отепляет прилегающие морские акватории и поэтому в кутовых частях заливов (Онежском, Двинском, Мезенском) моря наблюдается пониженная соленость и повышенная температура.

Помимо неравномерного распределения речного стока, зональных факторов и некоторых других, на распределение температуры и солености верхнего слоя влияют вторичные элементы общей циркуляции вод: крупномасштабные циклонические и антициклонические круговороты, первым из которых свойственна пониженная температура и повышенная соленость, вторым – повышенная температура и пониженная соленость.

Итак, неравномерное распределение объемов речного стока, в различной мере разбавляющего воды питающего течения и оказывающего различное отепляющее влияние на воды предустьевых акваторий, существование вторичных элементов общей циркуляции, вызывающих подток к поверхности глубинных холодных или опускание теплых поверхностных вод, географическая широта и другие факторы приводят к тому, что баренцевоморские воды на акватории Белого моря существенно видоизменяются. Амплитуда колебаний термогалинных характеристик этих видоизмененных вод на поверхности моря летом превышает 10°C по температуре и 10‰ по солености.

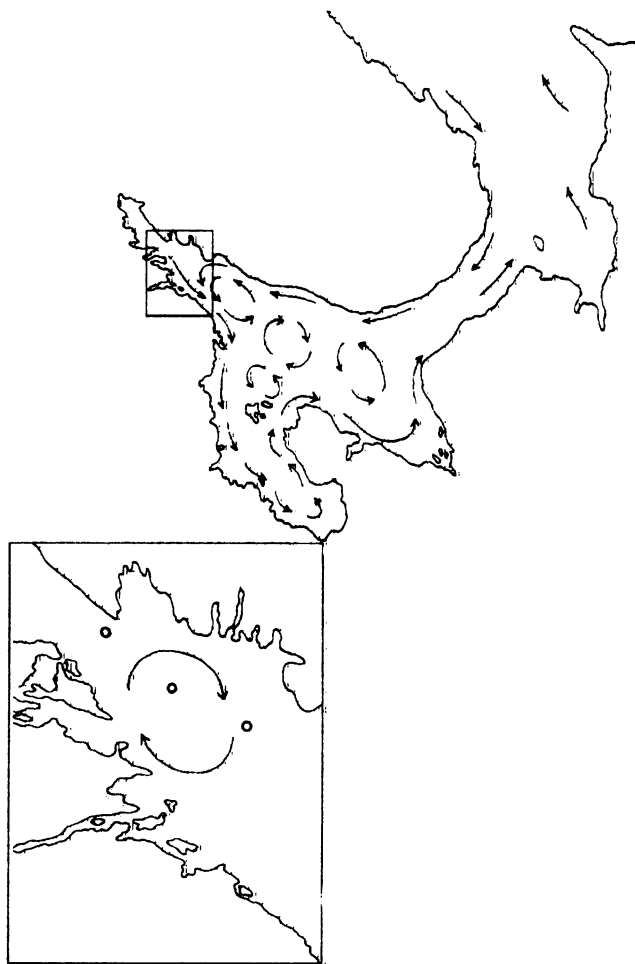


Рис. 1. Схема постоянных поверхностных течений Белого моря. На врезке показан антициклонический круговорот в центре Кандалакшского залива, установленный на основании анализа распределения температуры, солености и зоопланктона на станциях (отмечены кружками).

Резкое различие летнего распределения термогалинных характеристик и по вертикали и по горизонтали начинает сглаживаться осенью с наступлением осенне-зимней конвекции — процесса, уничтожающего градиенты оксанологических характеристик, то есть способствующего формированию водной массы. Таким образом, именно осенью и зимой, когда происходит конвективное перемешивание, формируется *поверхностная водная масса* Белого моря, источником которой служат баренцевоморские воды и речной сток, образование которой происходит по всей акватории собственно Белого моря, а амплитуда значений термогалинных индексов предельно уменьшается. К тому времени, когда большая часть моря покрывается льдом, амплитуда температуры по всему морю в целом не превысит 2°C ; значительно уменьшится и амплитуда колебаний солености как в результате уменьшения стока рек, так и в результате конвективного перемешивания.

В связи с этим представляется важным установление глубины, до которой проникает осенне-зимняя конвекция. По литературным данным (Тимонов, 1950; Залогин, Гнатовский, 1974; Добровольский, Залогин, 1982) глубина конвекции в пределах собственно Белого моря колеблется от 25 до 60 м. Наши собственные данные и расчеты свидетельствуют о том, что конвекция проникает несколько глубже: до 65–70 м, но среднюю глубину проникновения осенне-зимней конвекции следует принять равной 35–40 м; и это же значение, таким образом, соответствует толщине поверхностной водной массы, которая названа (Бабков, Голиков, 1984) атлантической высокоборельной водной массой.

Глубинная или арктическая водная масса, имеющая постоянные термогалинные характеристики и заполняющая глубоководные впадины моря, формируется зимой в Горле; в разделе, посвященном гидрологической характеристике Горла Белого моря, будет подробнее сказано о происходящих при этом процессах.

В упомянутой работе (Бабков, Голиков, 1984) значительное место занимает критика существующих в настоящее время представлений (Пантюлин, 1974; Беклемишев и др., 1975, 1980, 1982) о трехслойной структуре вод Белого моря. Суть критики сводится к тому, что применение *T, S*-анализа (на основании которого и выделены три водные массы) для установления структуры вод Белого моря не оправдано, так как при использовании этого метода верхний 100-метровый слой

обычно не рассматривается (Helland-Hansen, Nansen, 1927; Svedrup et al., 1942; Дитрих, 1961; Вустер, 1983), а выделенную упомянутыми авторами, в качестве самостоятельной, поверхностную водную массу следует рассматривать как *слой* атлантической высокобореальной водной массы, который появляется только летом. В вопросе о водных массах Белого моря мы разделяем точку зрения К. М. Дерюгина (1928) и В. В. Тимонова (1950) о двухслойной структуре вод, приводя дополнительные доказательства ее справедливости и универсальности.

Воронка

Ю. Б. Шокальский (1917) и К. М. Дерюгин (1928) предлагали считать собственно Белым морем лишь ту его часть, которая находится к югу от Горла, исключая из официально принятых в настоящее время границ Мезенский залив и Воронку, рассматривая их как единый залив Баренцева моря. Основанием для такого рассмотрения служит сходство вод, заполняющих объемы этих районов, с баренцевоморскими, причем это особенно справедливо для Воронки, имеющей свободный водообмен с Баренцевым морем и в меньшей степени подверженной влиянию стока из Белого моря. Присоединение Воронки и Мезенского залива к Белому морю противоречит не только принципам морфологической классификации морей, но и принципам районирования Мирового океана на основе особенностей гидрологического режима отдельных его частей. Но поскольку это противоречие не устранено, то здесь даются характеристики Воронки и Мезенского залива.

Общий обзор: морфометрия

Граница Воронки на юге проходит по линии: устье р. Поной – мыс Воронов – мыс Конушин. В этих границах площадь Воронки равна 24600 км^2 , то есть несколько больше одной четвертой части площади всего моря в целом; объем составляет около 855 км^3 , а средняя глубина равна 34 м.

Кроме географического положения и особенностей морфометрии, определяющее влияние на гидрологический режим Воронки оказывает свободный водообмен с Баренцевым морем и большие скорости приливо-отливных течений.

Вследствие того, что глубины на одной трети акватории Воронки не превышают 20 м, воды восточной части этого района подвержены волновому перемешиванию от поверхно-

сти до дна. Сильные приливо-отливные течения, скорость которых в сизигию может достигать 1.5 м/сек, способствуют интенсивному турбулентному перемешиванию всего объема вод.

Гидрологические условия в северной и южной частях Воронки различаются из-за большой протяженности по широте (более 200 км). Например, приближающаяся к океанической соленость в районе Святого Носа снижается в южной части района до 28–29‰, где опутимо влияние сточного беломорского течения. К числу особенностей Воронки относится отсутствие значительных источников распреснения.

Постоянные течения, приливы, приливо-отливные течения.

Постоянное («питающее») течение у западного берега Воронки имеет генеральное направление на юго-восток, а «сточное» течение направлено на северо-запад (рис. 1). Скорости постоянного течения не превышают 10 см/сек.

Приливная волна, поступающая из Баренцева моря в устье Воронки, вызывает большие по величине приливо-отливные колебания уровня. В Шойне, например, величина прилива в сизигию превышает 3 м. Скорости приливо-отливных течений в сизигию могут достигать 1.5 м/сек.

Распределение термогалинных характеристик.

Горизонтальное и вертикальное распределение температуры и солености в Воронке Белого моря определяются следующими основными факторами: 1 – свободным водообменом Воронки с Баренцевым морем, 2 – относительно малыми глубинами, 3 – сильными приливо-отливными течениями и 4 – открытостью района практически для ветров всех румбов, вызывающих значительное ветровое волнение.

В результате действия этих факторов воды Воронки (особенно в северо-западной ее части) по своим термогалинным характеристикам почти не отличаются от баренцевоморских. Благодаря относительно малым глубинам, турбулентное перемешивание, возникающее при приливо-отливных течениях и ветровом волнении, достигает дна на большей части акватории Воронки, что приводит к вертикальной гомотермии и гомогалинности.

По абсолютным значениям средняя температура воды в северной части Воронки в июле-августе колеблется около 10° С; средняя соленость в том же районе составляет 31–32‰. Го-

довой ход средних и экстремальных температур для двух пунктов в Воронке и Йоканге (лежащей за пределами принятой границы Белого моря) приведен в табл. 1¹⁾ Годовой ход средних и экстремальных значений солености для двух пунктов Воронки показан на графиках (рис. 2).

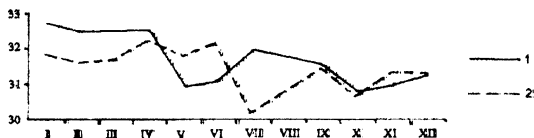


Рис. 2. Годовой ход средних и экстремальных значений солености для двух пунктов Воронки. По оси абсцисс время, мес.; по оси ординат соленость, ‰.

Мезенский залив

Мезенский залив и Воронка Белого моря менее изучены по сравнению с другими районами. Одна из причин слабой изученности Мезенского залива заключается в том, что проведение экспедиционных работ здесь осложняется частыми штормами, малыми и изменчивыми глубинами и исключительно сильными приливо-отливными течениями. Материалом для настоящей характеристики послужили немногочисленные литературные источники и наши собственные данные, полученные во время экспедиции Зоологического института АН СССР²⁾ в Мезенский залив на э/с Картеш в июле 1984 г. Во время экспедиции были выполнены два разреза: от мыса Воронова до мыса Конушин и от Конушинской корги до устья реки Мезени; всего в пределах залива было выполнено 20 гидрологических станций.

Граница Мезенского залива проходит от мыса Воронова до мыса Конушин. В этих пределах площадь Мезенского залива равна 5600 км²; объем водной массы залива составляет около

¹⁾ Необходимо иметь в виду, что максимальные, средние и минимальные температуры для зимних и осенних месяцев, условно отмеченные в таблице «0», на самом деле могут быть значительно ниже.

²⁾ В настоящее время Зоологический институт РАН (прим. ред.)

Среднемесячные значения температуры воды
в Воронке и Йоканге

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
	Максимальная	0	0	0	1	6	8
Р. Йоканга	Средняя	0	0	0	0	2	4
	Минимальная	0	0	0	0	0	0
	Максимальная	0	0	0	0	5	11
М. Канин Нос	Средняя	0	0	0	0	1	5
	Минимальная	0	0	0	0	0	0
	Максимальная	0	0	0	0	6	14
Р. Шойна	Средняя	0	0	0	0	2	8
	Минимальная	0	0	0	0	0	1

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Максимальная	11	11	10	9	8	4
Р. Йоканга	Средняя	7	9	8	6	4	1
	Минимальная	5	7	6	3	1	0
	Максимальная	14	14	12	8	5	0
М. Канин Нос	Средняя	10	10	6	5	2	0
	Минимальная	5	6	4	1	0	0
	Максимальная	18	18	13	9	5	0
Р. Шойна	Средняя	13	12	8	4	1	0
	Минимальная	8	8	4	0	0	0

75 км³, а средняя глубина равна 13 м. Наибольшая протяженность залива с севера на юг около 120 км, а с запада на восток – около 100 км. Приблизительно на 9/10 площади залива глубины менее 20 м и лишь на 1/10 площади глубины превышают 20 м. Характерной чертой Мезенского залива является большая площадь прибрежной осушки, ширина которой на некоторых участках восточного берега залива достигает 10 км. Рельеф дна залива подвержен постоянным изменениям в результате волнового воздействия во время штормов и переноса взвешенного материала сильными приливо-отливными течениями. В результате действия этих факторов на акватории

залива имеется множество отмелей и банок. Мезенский залив лишен островов (о-в Моржовец почти полностью выходит за пределы официально принятой границы Мезенского залива). Рельеф дна в целом характеризуется воронкообразным сужением от створа м. Воронов – м. Конушин к устью реки Мезени.

Постоянные течения, приливы, приливо-отливные течения

Постоянные течения в Мезенском заливе следуют вдоль его берегов против часовой стрелки. Такая схема постоянных течений была намечена К. М. Дерюгиным и согласуется с распределением термогалинных характеристик (Черновская, 1958); подтверждается эта схема и данными наших работ в июле 1984 г. Постоянное течение поддерживается струей сточного беломорского течения, поступающего в залив через Моржовецкую салму, и баренцевоморскими водами, входящими в залив севернее о-ва Моржовец; у Конушинского берега постоянное течение усиливается стоком р. Мезени и четко прослеживается по термогалинным показателям. Скорости постоянного течения, вероятно, не превышают 20–25 см/сек.

Приливная волна свободно распространяется по акватории Мезенского залива, вызывая большие колебания уровня, обусловленные как мелководностью залива в целом, так и упомянутым выше воронкообразным сужением по направлению к устью р. Мезени. Величина прилива в устье р. Мезени в сизигию достигает 10 м; характер прилива – полусуточный (мелководный).

Приливная вода, входящая на мелководье Мезенского залива, порождает сильные приливо-отливные течения, скорость которых может достигать в сизигию 2.5 м/сек. На стадии прилива течения направлены на юг – юго-восток, на стадии отлива – на север-северо-запад.

Распределение термогалинных характеристик

Горизонтальное и вертикальное распределение температуры и солености в Мезенском заливе определяется (помимо географического положения) следующими факторами: 1) свободным водообменом залива с сопредельными Горлом и Воронкой; 2) значительным пресным стоком р. Мезени; 3) сильными приливо-отливными течениями, которые, благодаря мелководности залива, перемешивают воду от поверхности до дна на большей части его акватории.

В результате свободного водообмена Мезенского залива с Воронкой в него поступают относительно холодные и соленые

баренцевоморские воды, отличающиеся по этим характеристикам от вод сточного течения Горла Белого моря. Река Мезень несет в залив в среднем около 30 км^3 пресной воды ежегодно, а река Кулой и другие малые реки несут около 5 км^3 в год. Таким образом, в основном сток р. Мезени распресняет и отепляет воды южной и восточной части залива. Сильные приливо-отливные течения интенсивно перемешивают воду, что приводит к вертикальной гомотермии и гомогалинности на большей части акватории залива.

Приводимые здесь схемы распределения температуры воды (рис. 3 а, б) и солености (рис. 4 а, б) составлены по данным экспедиции Зоологического института АН СССР в Мезенский залив на э/с «Картеш» в июле 1984 г. Как видно на рисунке, клин относительно холодных вод распространяется по осевой линии залива; температура резко повышается на предустьевом взморье р. Мезени и относительно теплые воды прилегают к восточному берегу залива. Таким образом, на большей части акватории залива заметно влияние холодных баренцевоморских вод, а отепляющее влияние стока р. Мезени ощущается на предустьевом взморье и вдоль восточного берега залива. Амплитуда колебаний температуры воды залива на поверхности летом составляет 10°C , в придонном горизонте — 8°C .

Общее представление о годовом ходе температур в трех пунктах Мезенского залива дает табл. 2¹⁾, составленная по данным Н. Я. Арсеньевой (1972). Как видно из таблицы средние и экстремальные значения температуры мало различаются по акватории залива. Разница между максимальной и минимальной температурами летом может достигать 13°C , а годовая амплитуда колебаний температуры составляет 23°C .

Распределение солености аналогично распределению температуры. Опресняющее влияние р. Мезени приурочено к тем же участкам, где повышенная температура обусловлена речным стоком. Амплитуда колебаний солености на поверхности составляет 18‰ , а в придонном горизонте — более 8‰ . Сопоставляя распределение солености на поверхности и в придонном горизонте (например, по конфигурации изогалины 27‰), можно заключить, что в придонном горизонте происходит подток баренцевоморских вод по направлению к устью р. Мезени, как это свойственно эстуариям. Соленость в западной части залива достигает $28\text{--}29\text{‰}$, что несколько вы-

¹ См. сноску на стр. 14.

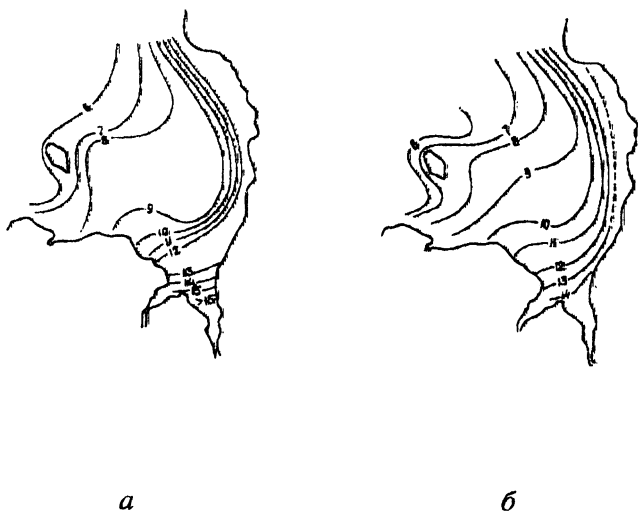


Рис. 3.¹ Распределение температуры воды в Мезенском заливе

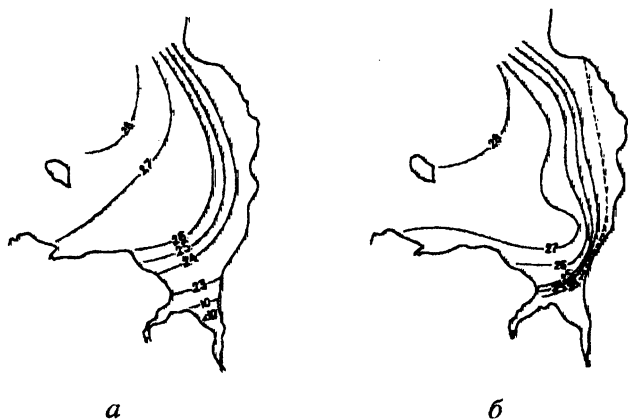


Рис. 4. Распределение солености воды в Мезенском заливе

¹ В архиве А. И. Бабкова не сохранилось указаний на что, чем отличаются рисунки 3 а и 3 б, а также 4 а и 4 б. Возможно, это разные стадии приливного цикла.

Среднемесячные значения температуры воды
в Мезенском заливе.

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
М. Конушин	Максимальная	0	0	0	1	11	18
	Средняя	<0	<0	<0	0	2	10
	Минимальная	<0	<0	<0	<0	0	4
Р. Семжа	Максимальная	>0	>0	>0	4	11	19
	Средняя	>0	>0	>0	>0	3	11
	Минимальная	<0	<0	<0	0	0	3
М. Абрамовский	Максимальная	<0	<0	0	6	10	19
	Средняя	<0	<0	<0	<0	3	11
	Минимальная	<0	<0	0	<0	<0	3

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
М. Конушин	Максимальная	21	20	15	9	4	0
	Средняя	14	13	9	3	0	0
	Минимальная	9	10	4	0	0	0
Р. Семжа	Максимальная	22	21	16	9	4	0
	Средняя	14	14	9	3	1	0
	Минимальная	9	10	4	1	0	0
М. Абрамовский	Максимальная	20	19	15	9	5	0
	Средняя	14	14	9	3	0	0
	Минимальная	9	10	5	1	0	0

ные значения солёности на тех же горизонтах, в пределах собственно Белого моря и свидетельствует о влиянии баренцевоморских вод.

Если учесть, что средняя солёность сточного течения из Белого моря равна 26.5‰ (Тимонов, 1950), то солёность Мезенского залива оказывается несколько выше солёности собственно Белого моря и поэтому нельзя считать, как, например, полагает Е. Ф. Гурьянова (1957), Мезенский залив сильно опресненным по сравнению с другими районами моря.

На рис. 5 представлен годовой ход средней солёности на поверхности в четырех пунктах Белого моря, два из которых находятся в пределах Мезенского залива и два – в пределах

Горла, приведенных для сравнения. Среднемесячная соленость в этих пунктах колеблется от 17 до почти 32‰; высокие значения солености у о-вов Сосновец и Моржовец объясняются влиянием баренцевоморских вод; относительно низкие значения солености у мысов Инцы и Конушин обусловлены влиянием опресненных вод сточного течения из Белого моря (у м. Инцы) и стока р. Мезени (у м. Конушин). Обращает на себя внимание согласованность годового хода солености у этих мысов с той лишь разницей, что минимум солености в Инцах приходится на май, а у м. Конушин — лишь на июнь; это, в свою очередь, объясняется одновременностью пиков весеннего паводка рек Мезени и Северной Двины.

Цвет и прозрачность воды

Благодаря малым глубинам в Мезенском заливе, взмучивающее действие ветрового волнения достигает дна на большей части его акватории; сильные приливо-отливные течения также взмучивают воду. Оба эти фактора являются причиной низкой прозрачности воды в заливе. Кроме того, воды реки Мезени также малопрозрачны и поэтому еще более снижают прозрачность на предустьевом взморье восточного побережья залива.

Цвет воды на акватории залива изменяется от зеленовато-желтого и желтого (XIII–XVI) в северо-западной его части до коричневого (XXI) в устье Мезени, прозрачность воды колеблется соответственно от 5 до 1 м и менее.

Малая прозрачность воды залива является одной из причин слабого развития донной растительности (Гурьянова, 1957).

Ледовый режим.

В Мезенском заливе первые дрейфующие льды появляются в конце октября — начале ноября. Раньше всего (последняя декада октября) лед образуется на опресненных участках в устье р. Мезени и на осушках восточного берега залива. Образованию неподвижного припая препятствуют большие колебания уровня моря и сильные приливо-отливные течения. Так, например, в эстуарий р. Мезени на стадии прилива подходят льды, где они взламываются и образуют торосы, а на стадии отлива льды снова выносятся в море (Зубов, 1947).

Освобождение залива ото льда происходит в конце мая. Но сроки как появления, так и исчезновения льда в заливе могут сильно колебаться в зависимости от погодных условий каждо-

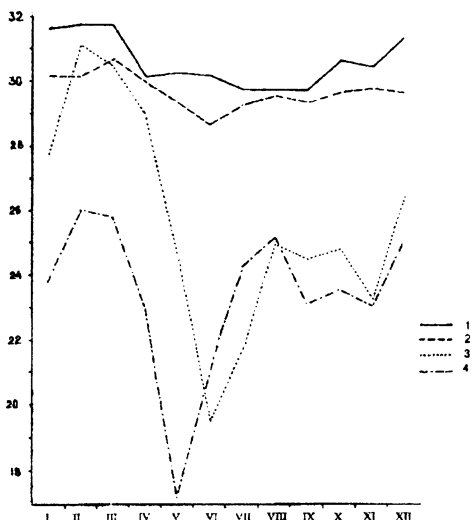


Рис. 5. Годовой ход средней солености в двух пунктах Мезенского залива и Горла. 1 – о. Сосновец, 2 – о. Моржовец, 3 – м. Конушин, 4 – дер. Инцы. По оси абсцисс время, мес.; по оси ординат соленость, ‰.

го конкретного года: в холодные годы лед в устьях рек появляется в начале октября, а освобождение залива ото льда может затянуться до начала июля.

Горло Белого моря.

Гидрологические процессы, происходящие в Горле Белого моря, имеют чрезвычайно важное значение для гидрологического режима в целом. Поэтому не случайно, что в основополагающих работах по Белому морю К. М. Дерюгина (1928), В. В. Тимонова (1925, 1929, 1947, 1950) и некоторых других детально рассматриваются гидрология этого района моря.

Морфометрия.

Границы Горла ограничены створами от устья р. Поной до мыса Воронова и от дер. Тетрино до мыса Зимнегорского. В этих границах площадь Горла равна 10200 км^2 , объем составляет 380 км^3 , а средняя глубина равна 37 м. Ширина Горла в самом узком месте не более 46 км, но оно, по терминологии Н. Н. Зубова (1956), является проливом широким, так как в нем осуществляется водообмен в горизонтальной плоскости.

Постоянные течения.

В Горле Белого моря существуют постоянные течения, направленные на юго-запад вдоль Терского берега и на северо-восток — вдоль Зимнего берега; первое получила название «питающего», второе — «сточного».

Баренцевоморские (атлантические по происхождению) воды, поставляемые в Белое море питающим течением, огибают Мурманский и северную часть Терского берега Кольского полуострова, подвергаются на этом пути некоторому опреснению и входят в Горло уже несколько переработанными. На схеме общей циркуляции вод Белого моря (рис. 1) видно, что струя питающего течения, выйдя из Горла, следует вдоль Кандакшского берега, включаясь в общий циклонический крутоворот. На акватории собственно Белого моря воды питающего течения значительно видоизменяются, смешиваясь с водами мелких и крупных рек, и вновь входят в Горло в виде сточного течения с существенно отличающимися от вод питающего течения физико-химическими характеристиками. В пределах Горла воды питающего и сточного течений частично перемешиваются в результате горизонтального турбулентного обмена и некоторая доля вод сточного течения возвращается обратно.

Таким образом, в Горле Белого моря баренцевоморские воды существенно видоизменяются под действием частичного опреснения и вертикального и горизонтального турбулентного обмена, прежде чем попасть в Бассейн с его заливами, и именно гидрологическими процессами, круглогодично происходящими в Горле, определяется постоянное обновление всего объема вод Белого моря.

Особое значение гидрологических процессов в Горле заключается в формировании глубинных вод Белого моря. Глубинные воды образуются здесь зимой из вод питающего течения, которые охлаждаются до температуры около -1.5° С и, имея соленость 30‰, в силу высокой плотности стекают на глубины Бассейна и заливов. Находясь еще в Горле, эти воды подвергаются интенсивному вертикальному перемешиванию и обогащаются кислородом, а этим, в свою очередь, обеспечивается хорошая аэрация глубоководных впадин Белого моря. Эти особенности гидрологических процессов в Горле и их значение в формировании структуры и характеристик вод моря в целом были обстоятельно рассмотрены в ряде работ В. В. Тимонова (1925, 1929, 1947, 1950).

Приливы, приливо-отливные течения.

Приливная волна, попадая из обширной Воронки в устье Горла, вызывает значительные по величине приливы: у о-ва Сосновец, например, величина прилива в сизигию превышает 3.5 м; характер прилива здесь полусуточный. Приливо-отливные течения носят реверсивный характер: на стадии прилива они имеют генеральное направление на юго-запад, на стадии отлива – на северо-восток; скорости приливо-отливных течений в сизигию могут достигать 1.5 м/сек.

Распределение термогалинных характеристик.

Распределение температуры и солености вод в Горле определяется существование двух потоков: слабо видоизмененных баренцевоморских вод вдоль западного берега и собственно беломорских вод вдоль восточного берега. Термогалинные характеристики этих вод резко различны, в результате чего у западного берега Горла температура вод ниже (летом), а соленость вод выше, чем у восточного берега. Общее представление о годовом ходе температур в двух пунктах Горла (Инцы и о-в Сосновец) дает табл. 3, составленная на основании данных Н. Я. Арсеньевой (1972). Годовой ход солености для этих же пунктов представлен на рис. 5.

Большие скорости приливо-отливных течений и возникающее вследствие этого интенсивное турбулентное перемешивание приводит к вертикальной гомотермии и гомогалинности. Характер вертикального распределения температуры и солености в Горле виден на рис. 6.

Цвет и прозрачность воды.

Цвет и прозрачность воды в Горле Белого моря определяются соседством двух разнонаправленных течений: питающее течений по оптическим характеристикам близко к относительно прозрачным баренцевоморским водам, а сточное течение выносит относительно малопрозрачные собственно беломорские воды. Кроме того, на прозрачность вод Горла оказывает влияние интенсивное турбулентное перемешивание, проникающее до дна на преимущественно малых глубинах этого района моря, существенно снижая прозрачность на всей его акватории. Прозрачность вод Горла колеблется в среднем около 6 м, причем более высокие значения относительной прозрачности (до 8–9 м) наблюдаются у западного берега; зеленый цвет воды у западного берега меняется на желтовато-зеленый и зеленовато-желтый у восточного берега.

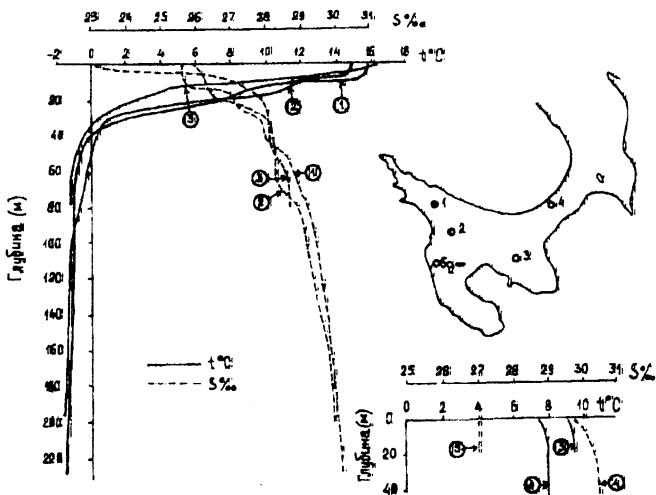


Рис. 6. Распределение температуры и солености в Белом море.

Кандалакшский залив.

Кандалакшский залив является одним из наиболее хорошо изученных районов Белого моря. Материалы по гидрологии и биологии Кандалакшского залива накапливались с прошлого столетия, так как почти все крупные экспедиции не обходили вниманием этого района моря. Комплексному изучению Кандалакшского залива способствовала организация стационаров в Пирью-губе (1931 г.), В Великой салме (Московская Биологическая Станция, основанная в 1939 г.) и Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР в губе Чула на мысе Картеш (основана в 1957 г.). Все эти материалы так или иначе использованы в настоящей работе, но в первую очередь привлечен материал 25-летних наблюдений Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР.

Среднемесячные значения температуры воды в Горле

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
М. Инцы	Максимальная	0	0	0	3	9	15
	Средняя	0	0	0	0	3	8
	Минимальная	0	0	0	0	0	1
О. Сосновец	Максимальная	0	0	0	1	4	7
	Средняя	0	0	0	0	1	5
	Минимальная	0	0	0	0	0	1

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
М. Инцы	Максимальная	18	18	14	10	5	2
	Средняя	11	13	10	6	2	0
	Минимальная	8	8	5	1	0	0
О. Сосновец	Максимальная	12	12	11	10	7	3
	Средняя	9	9	9	6	1	1
	Минимальная	7	7	6	3	0	0

Морфометрия.

Кандалакшский залив Белого моря относительно невелик: его площадь равна 650 км^2 , что составляет около 7% общей площади моря: объем залива равен 710 км^3 (13% общего объема моря). Рельеф дна залива достаточно сложен. В пределах залива находится глубоководная впадина Белого моря с глубинами более 300 м и максимальная отметка глубины – 343 м; средняя глубина залива равна 109 м.

Кандалакшский залив отличается рядом существенных особенностей по сравнению с другими заливами, Горлом и Воронкой. Береговая линия залива наиболее изрезана, образуя множество губ, характерные черты гидрологического режима которых заслуживают особого рассмотрения. Берега вершинной части залива гористы, отметки высот здесь наибольшие по сравнению со всей остальной частью береговой линии моря. По акватории залива разбросано множество мелких и крупных островов, луд, корг.

Орография района препятствует развитию сильного ветрового волнения: оно возможно лишь при ветрах юго-восточных

румбов, повторяемость которых меньше, чем северо-восточных и юго-западных и, таким образом, преобладающие ветры северные — летом и юго-западные — зимой не разгоняют большую волну, что оказывает определенное влияние на гидрологический режим залива.

Постоянные течения, приливы, приливо-отливные течения.

Постоянное течение, как видно на рис. 1, огибает берега Кандалакшского залива против часовой стрелки; вдоль Кандалакшского берега на северо-запад направлена ветвь питающего течения, а вдоль Карельского берега течение следует в юго-восточном направлении. Схема осложняется существованием квазистационарных циклонических и антициклонических круговоротов.

Приливы в заливе по характеру полусуточные мелководные. Величина прилива достигает в сизигию 2.5 м в вершине залива и 2 м — на его границе с Бассейном.

Приливо-отливные течения в заливе, вследствие сложного рельефа дна и изрезанной береговой линии, в близких точках имеют разную направленность на одной и той же фазе приливо-отливного цикла. Скорости приливо-отливных течений в сизигию могут достигать 50 см/сек.

Распределение термогалинных характеристик.

Распределение температуры воды по акватории Кандалакшского залива бывает достаточно сложным: области повышенной температуры перемежаются с областями пониженной температуры, не обнаруживая явно видимой общей закономерности. Вместе с тем, определенная закономерность выявляется при совместном анализе распределения температуры на поверхности с особенностями поверхностных течений, исходя из того, что области относительно пониженных и относительно повышенных температур связываются соответственно с циклоническими и антициклоническими круговоротами.

Крупномасштабные круговороты, отмеченные К. М. Дерюгиным (1928), обнаруживаются при входе в Двинской пониженной температуры) и в центральной части Бассейна (антициклонический круговорот и соответствующая область повышенной температуры). В. В. Тимонов (1947) дополнил схему К. М. Дерюгина еще двумя циклоническими круговоро-

тами, первый из которых расположен в южной части Канда-
лакшского залива, а второй — к северу от Соловецких островов.

На основании построений, базирующихся на совместном анализе количественного и качественного распределения зоопланктона и температуры воды (Бабков, Прыгункова, 1985), намечается еще один квазистационарный антициклонический круговорот в центральной части Кандалакшского залива (врезка на рис. 1) и связанная с ним область относительно повышенных температур, за которой следует область пониженных температур в кутовой части залива.

В распределении солености по акватории Кандалакшского залива усматривается некоторая общая тенденция ее уменьшения в направлении от устьевой к вершинной части залива и от Кандалакшского и Терского берегов к Карельскому. В южной части залива соленость воды на поверхности летом колеблется около 26‰, а в куту залива не превышает 20‰. Наибольшее опреснение поверхностного слоя воды происходит в вершинах губ Колвица и Княжая, где соленость на поверхности составляет всего лишь 2–4‰. Соленость воды у северных берегов залива выше, чем у южных, причем разница, исключая участки наибольшего распреснения, может достигать 5‰. На гидрологических разрезах, перпендикулярных осевой линии залива, изогалины выклиниваются по направлению от Карельского берега к Кандалакшскому. Разница величин солености объясняется тем, что вдоль Кандалакшского и Терского берегов ощутимо влияние питающего течения, имеющего повышенную соленость, а воды южного побережья залива распреснены стоком многочисленных мелких рек Карельского берега.

Годовую изменчивость температуры и солености воды в прибрежных частях Кандалакшского залива характеризуют табл. 4–7, составленные по результатам многолетних измерений в устьевой части губы Чупа (Бабков, 1982); табл. 4–7 и содержат максимальные и минимальные измеренные значения этих же величин и дают представление об их возможных колебаниях.

Цвет и прозрачность воды.

Распределение цвета и прозрачности воды в Кандалакшском заливе определяется поступлением вод питающего течения, стоком рек и глубинами залива. Воды питающего течения более прозрачны, чем собственно беломорские, и поэтому прозрачность вод у Кандалакшского берега выше, чем у Ка-

рельского, где сказывается влияние стока многочисленных мелких рек. По направлению к вершинной части залива глубины резко уменьшаются и здесь начинает сказываться взмучивающее действие ветрового волнения. Прозрачность воды в куту залива составляет 3 м и менее; цвет воды желтовато-коричневый (№ XX по шкале цветности моря). Прозрачность воды увеличивается в юго-восточном направлении и на границе с Бассейном достигает 7 м; цвет воды здесь желтовато-зеленый и зеленый (№№ X–XII по шкале цветности моря).

Бассейн

Бассейн Белого моря в силу своего центрального положения не мог выпасть из поля зрения всех более или менее крупных экспедиций прошлого и настоящего столетий; но основы современных знаний о гидрологии Бассейна (как, впрочем, и всего Белого моря) были заложены в классической работе К. М. Дерюгина «Фауна Белого моря и условия ее существования» (1928) и в работах В. В. Тимонова (1947, 1950). В настоящее время систематические работы в Бассейне проводит Северное УГКС, выполняя сезонные разрезы через центральную часть моря. Эпизодические гидрологические измерения и бентосные работы в Бассейне проводились Беломорской биологической станцией и Лабораторией морских исследований Зоологического института АН СССР в 1981–1982 гг.

Морфометрия.

Границы Бассейна проходят от м. Лудошного до м. Кирбей-наволок, далее по берегу до устья Летней реки на Карельском берегу, а от него граница идет по прямым линиям на м. Горболукский – м. Зимнегорский – дер. Тетрино и далее по берегу до м. Лудошного. В этих границах площадь Бассейна равна 21800 км², объем составляет 2725 км³ средняя глубина равна 125 м. Приблизительно половина площади Бассейна имеет глубины более 100 м, а в северо-западной его части превышает 200 м.

На тех участках, где граница Бассейна проходит по суше, береговые отметки высот невелики, а поэтому весь этот район моря открыт для ветров всех направлений, что, в свою очередь, служит причиной наибольшего развития ветрового волнения по сравнению с Горлом и примыкающими заливами.

Таблица 4

Среднемесячные значения температуры
в устьевой части губы Чупа

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.2	3.1	9.1
10	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	0.3	4.0
25	-0.7	-0.6	-0.7	-0.8	-0.6	0.4
50	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7	-0.7	-0.4
65	-0.2	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-0.6

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	13.2	13.8	9.5	4.8	1.8	-0.3
10	8.8	11.2	8.6	4.8	2.1	-0.1
25	2.4	4.2	4.6	3.7	2.2	0.2
50	0.2	1.0	1.8	1.8	1.6	0.8
65	0.0	0.9	1.7	1.6	1.6	0.9

Таблица 5

Среднемесячные значения солёности воды
в устьевой части губы Чупа

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
0	22.4	18.2	18.4	14.6	16.8	22.3
10	27.2	27.3	27.4	27.2	26.6	25.6
25	27.4	27.7	28.0	28.1	27.9	27.6
50	27.7	28.1	28.4	28.4	28.3	28.3
65	27.9	28.2	28.4	28.5	28.4	28.4

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	23.4	24.2	25.1	25.7	26.2	25.3
10	25.2	25.4	26.0	26.3	26.7	27.0
25	27.1	27.1	27.3	27.1	27.2	27.3
50	28.1	28.0	27.9	27.9	27.7	27.5
65	28.1	28.0	28.0	28.0	27.8	27.7

Экстремальные значения температуры воды
в устьевой части губы Чупа

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
Максимальные температуры						
0	0.1	0.1	-0.3	1.3	9.2	16.2
10	0.8	1.7	-0.1	0.2	4.8	10.9
25	2.1	2.4	1.5	-0.2	0.1	5.0
50	2.4	2.7	0.5	-0.2	-0.2	1.0
65	3.1	2.8	0.2	-0.2	-0.2	0.9
Минимальные температуры						
0	-1.5	-1.4	-1.4	-1.2	-0.8	3.7
10	-1.4	-1.3	-1.5	-1.3	-1.2	-0.9
25	-1.4	-1.3	-1.2	-1.3	-1.0	-1.2
50	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.1	-1.2
65	-1.1	-1.3	-1.0	-1.0	-1.2	-1.2
Амплитуда колебаний						
0	1.6	1.5	1.1	2.5	10.0	12.5
10	2.2	3.0	1.4	1.5	6.0	11.8
25	3.5	3.7	2.7	1.1	1.1	6.2
50	3.6	4.0	1.4	0.9	0.9	2.2
65	4.2	4.1	1.2	0.8	1.0	2.1
Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальные температуры						
0	18.1	19.3	14.0	8.6	5.0	1.6
10	16.7	17.5	14.1	8.5	5.3	1.7
25	10.8	14.3	12.1	8.0	4.0	2.2
50	2.5	6.0	5.2	4.1	3.8	2.3
65	2.4	2.9	5.0	4.0	3.8	2.7
Минимальные температуры						
0	6.4	9.5	4.1	0.1	-1.4	-1.5
10	0.5	2.0	2.7	1.2	-0.7	-1.4
25	-1.0	-0.6	0.9	0.4	-0.4	-1.2
50	-1.1	-0.9	-0.6	-0.2	-0.1	-0.7
65	-1.1	-0.9	-0.7	-0.2	-0.1	-0.6
Амплитуда колебаний						
0	11.7	9.8	9.9	8.5	6.4	3.1
10	16.2	15.5	11.4	7.3	6.0	3.1
25	11.8	14.9	11.2	7.6	4.4	3.4
50	3.6	6.9	5.8	4.3	3.9	3.0
65	3.5	3.8	5.7	4.2	3.9	3.3

Экстремальные значения солености воды
в устьевой части губы Чуна

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
Максимальные солености						
0	27.4	27.7	28.3	27.9	25.2	25.9
10	28.9	28.9	28.6	28.3	27.9	27.9
25	28.9	28.9	29.4	29.2	29.0	29.1
50	28.6	29.0	29.6	29.7	30.4	29.3
65	29.0	29.4	29.9	29.7	29.5	29.9
Минимальные солености						
0	5.9	5.8	7.5	0.8	0.8	14.5
10	24.5	26.0	26.4	25.9	23.9	18.8
25	26.7	26.7	26.7	27.4	27.1	24.7
50	26.8	27.5	27.1	27.9	27.3	26.1
65	26.9	27.2	27.2	28.0	27.3	27.1
Амплитуда колебаний						
0	21.5	21.9	20.8	27.1	24.4	11.4
10	4.4	2.9	2.2	2.4	4.0	9.1
25	2.2	2.2	2.7	1.8	1.9	4.4
50	1.7	1.5	2.5	1.8	3.1	3.2
65	2.1	2.2	2.7	1.7	2.2	2.8

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальные солености						
0	26.8	26.4	27.9	27.4	27.5	28.5
10	27.2	29.5	28.4	27.5	27.9	27.7
25	29.1	30.1	29.9	28.5	28.0	29.4
50	30.2	30.1	29.9	29.0	28.8	29.7
65	29.8	30.0	30.1	29.2	28.8	29.9
Минимальные солености						
0	9.1	18.6	22.6	29.1	25.1	14.3
10	20.2	19.4	24.2	24.6	25.4	26.5
25	24.4	24.9	25.7	24.8	26.6	26.8
50	27.1	26.4	26.0	26.6	27.1	27.1
65	27.1	26.7	26.0	26.6	27.1	27.1
Амплитуда колебаний						
0	17.7	7.8	5.3	5.5	2.4	14.2
10	7.0	10.1	4.2	2.9	2.5	1.2
25	4.7	5.2	4.2	3.7	1.4	2.6
50	3.1	3.7	3.9	2.4	1.7	2.6
65	2.7	3.33	4.1	2.6	1.7	2.8

Постоянные течения.

С точки зрения влияния на гидрологический режим Бассейна наибольший интерес представляют вторичные элементы общей циркуляции вод, а именно: циклонические и антициклонические круговороты (см. рис. 1). Антициклонический круговорот в центре Бассейна и циклонический круговорот у выхода из Двинского залива были установлены К. М. Дерюгиным (1928); В. В. Тимонов (1947) дополнил эту схему двумя циклоническими круговоротами, один из которых находится в Кандалакшском заливе, а другой – у Соловецких островов. К. М. Дерюгин назвал выделенные им круговороты «полюсами тепла и холода», так как антициклоническим круговоротам присуща повышенная температура воды на поверхности, а циклоническим – пониженная.

Существование круговоротов во многих случаях подтверждается не только своеобразным распределением термогалинных характеристик, но и количеством планктона и его качественным составом в этих областях (Хмызникова, 1947; Бабков, Прыгункова, 1985). В центрах антициклонических круговоротов происходит накопление прогретых и относительно опресненных поверхностных вод, что приводит к местному повышению температуры и понижению солености. С этой точки зрения представляют интерес расчеты А. Н. Пантюлина (1974) дефицита солености, свидетельствующие о том, что центральная часть Бассейна является своеобразным накопителем распресненных вод, поступающих из сопредельных заливов. В циклонических круговоротах происходит подток глубинных вод к поверхности, что приводит к понижению температуры и повышению солености в этих областях.

Анализ распределения термогалинных характеристик в некоторых конкретных случаях приводит к заключению, что циклонические и антициклонические круговороты не занимают строго определенного положения и могут смещаться на значительные расстояния.

Приливы.

В соответствии с характером глубин в Бассейне приливная волна, выйдя из Горла, распространяется с наибольшей скоростью в северо-западном направлении. Величины прилива на акватории Бассейна уменьшаются (по сравнению с таковыми в Горле). У мыса Зимнегорского величина сизигийного прилива составляет около [...] м; в Варзуге величина сизигийного при-

лива не превышает 1.5 м; такого же порядка величина сизигийного прилива в Гридине.

Приливо-отливные течения.

Приливо-отливные течения в пределах Бассейна не имеют явно выраженной генеральной направленности в зависимости от фазы прилива; скорости их не велики и, как правило, не превышают 25 см/сек.

Распределение термогалинных характеристик.

Характер распределения температуры воды на поверхности Бассейна виден на общей схеме (рис. 7), составленной для всего Белого моря с учетом общей циркуляции вод. На схеме усматривается область повышенной температуры в центральной части Бассейна и область пониженной температуры к северу от Соловецких островов. абсолютные значения температур соответствуют началу гидрологического лета на поверхности. На схеме (рис. 8) распределения поверхностной солёности видна область пониженной солёности в центральной части Бассейна. Таким образом, между распределением термогалинных характеристик и циркуляцией вод существует вполне определенная связь, о чем было сказано выше.

Годовой ход средних и экстремальных значений поверхностной температуры для двух пунктов Бассейна представлен в табл. 8. Из таблицы видно, что в Гридине, расположенном на Карельском берегу и почти на 100 км севернее о-ва Жижгин, средние и экстремальные температуры несколько выше; более низкие значения температур у Жижгина вызваны, возможно, подъемом холодных глубинных вод в циклоническом круговороте южной части Бассейна.

Вертикальное распределение температуры и солёности воды в Бассейне летом показано на рис. 6. Характерная особенность вертикального распределения температуры и солёности в Бассейне (как и в Кандалакшском заливе) состоит в образовании однородного поверхностного слоя, возникновение которого обусловлено летним прогревом и волновым перемешиванием. Температура этого слоя выше, а солёность ниже по сравнению с соответствующими величинами нижележащих слоев.

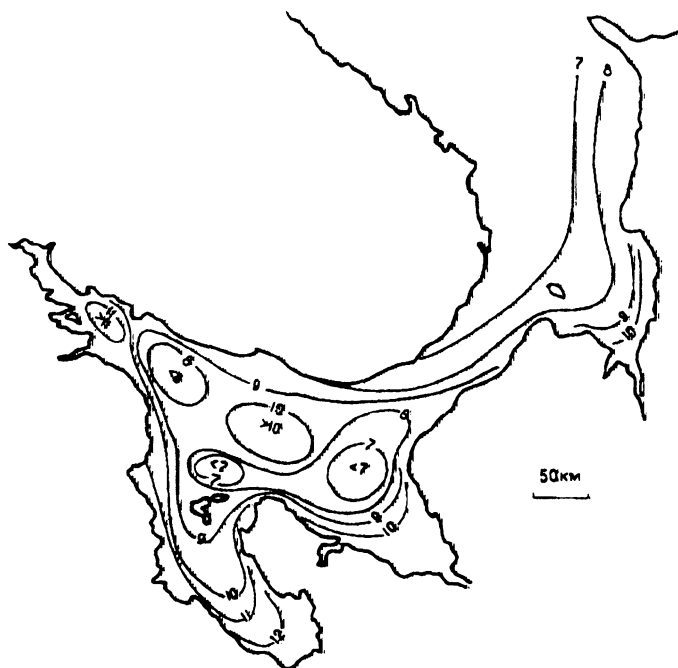


Рис. 7. Распределение температуры в Белом море.

Цвет и прозрачность воды.

На распределение цвета и прозрачности воды в Бассейне влияет приток относительно прозрачной воды с питающим течением и сравнительно мутных вод Двинского и Онежского заливов. У Терского берега на границе с Горлом вода в Бассейне зеленого цвета (X–XI), а прозрачность превышает 8 м; в восточной части Бассейна вода приобретает желтый и коричневато-желтый цвет (XVIII), а прозрачность уменьшается до 5 м; в центральной части этого района моря прозрачность колеблется около 8 м.

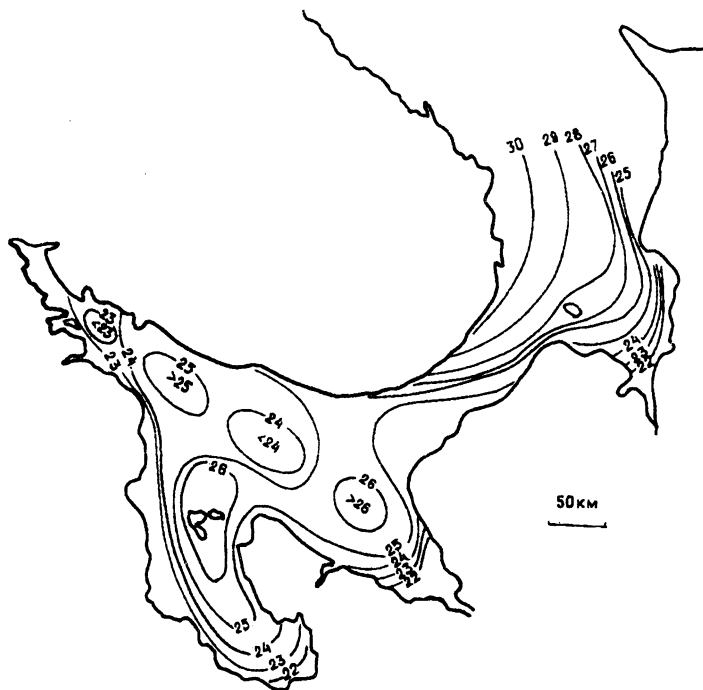


Рис. 8. Распределение солености в Белом море.

Двинский залив

Гидрологический режим Двинского залива определяется, главным образом, стоком р. Северной Двины, свободным водообменом с Бассейном, а также особенностями горизонтальной и вертикальной циркуляции вод в заливе. Благодаря значительному притоку пресных вод, составляющему в среднем $143 \text{ км}^3/\text{год}$, поверхностная соленость Двинского залива понижена. Своеобразие горизонтальной и вертикальной циркуляции приводит к резкому расслоению вод на небольшой глубине, где летом прогретые и распресненные поверхностные воды соприкасаются со свободно поступающими по центральному желобу холодными и относительно солеными глубинными водами Бассейна.

Среднемесячные значения температуры воды в Бассейне

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
О. Жижгин	Максимальная	0	0	0	2	6	12
	Средняя	0	0	0	0	2	7
	Минимальная	0	0	0	0	0	1
Дер. Гридино	Максимальная	0	0	0	5	10	17
	Средняя	0	0	0	1	4	9
	Минимальная	0	0	0	0	1	3

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	XII
О. Жижгин	Максимальная	13	15	13	8	6	2
	Средняя	10	11	9	5	2	0
	Минимальная	7	8	6	1	0	0
Дер. Гридино	Максимальная	20	18	15	10	6	2
	Средняя	13	14	10	5	1	0
	Минимальная	7	9	6	1	0	0

Морфометрия.

Граница Двинского залива проходит от мыса Горболукского на Летнем берегу до мыса Зимнгорского на Зимнем берегу. В этих пределах площадь залива равна 8600 км², а его объем составляет 420 км³. Береговая линия залива относительно ровная за исключением глубоко вдающейся в сушу Унской губы. Акватория залива не защищена от ветров северных и северо-западных румбов, которые могут вызывать здесь значительное ветровое волнение.

Постоянные течения, приливы, приливо-отливные течения.

Постоянное, огибает Двинской залив, следуя вдоль Летнего берега на юго-восток, а вдоль Зимнего берега – на северо-запад, причем на последнем участке оно усиливается стоком р. Северной Двины. Характерной особенностью общей циркуляции вод Двинского залива является квазистационарный циклонический крутоворот на выходе из залива, существованием которого объясняются некоторые особенности горизонтального и вертикального распределения термогалинных характеристик.

Среднемесячные значения температуры воды
в Двинском заливе

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
Маяк Зимнегорский	Максимальная	0	0	0	3	12	18
	Средняя	0	0	0	0	2	8
	Минимальная	0	0	0	0	0	2
Маяк Унский	Максимальная	1	1	1	5	14	19
	Средняя	0	0	0	0	4	10
	Минимальная	0	0	0	0	0	3

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	X
	Максимальная	21	19	16	10	5	2
Маяк Зимнегорский	Средняя	11	13	10	6	2	0
	Минимальная	6	8	55	1	0	0
Маяк Унский	Максимальная	23	20	18	10	6	1
	Средняя	14	14	10	5	2	0
	Минимальная	6	10	6	10	6	0

Приливная волна, выйдя из устья Горла на простор Басейна, вызывает в нем и в ближайших акваториях полусуточные мелководные приливо-отливные колебания уровня умеренной величины. Величина сизигийного прилива в Архангельске, например, не превышает 1 м; на выходе из Двинского залива величина прилива еще меньше; у м. Зимнегорского величина прилива в сизигию около 0,5 м.

Приливо-отливные течения в Двинском заливе на стадии отлива — на северо-запад; максимальные скорости приливо-отливных течений в сизигию не превышают 30 см/сек.

Распределение термогалинных характеристик.

Как было сказано выше, на гидрологический режим Двинского залива оказывает большое влияние сток р. Северная Двина, который не только опресняет поверхностные слои, но и отепляет значительную часть акватории залива. Температура воды на поверхности в вершинной части залива летом может

быть выше 20°C (температура такого порядка в пределах Белого моря наблюдается летом лишь в вершине Онежского залива) (табл. 9).

Соленость воды на большей части акватории предустьевоего взморья не превышает 23‰, то есть существенно ниже средней солености на поверхности Белого моря, что опять-таки объясняется стоком р. Северной Двины.

Вертикальное распределение температуры и солености в Двинском заливе характеризуется резким термоклинном и галоклинном на небольшой глубине (5–10 м), что свидетельствует о восходящем движении вод в придонном горизонте. Резкое расслоение вод в северо-западной части залива увязывается с существованием упомянутого квазистационарного циклонического круговорота. Характер вертикального распределения температуры и солености в центральной части Двинского залива летом показан на рис. 6.

Цвет и прозрачность воды.

На распределение цвета и прозрачности воды в Двинском заливе оказывает большое влияние сток р. Северной Двины, в результате чего прозрачность низка в вершине залива и у Зимнего берега. В центральной части залива прозрачность колеблется около 5–6 м и вода имеет коричневато-желтый цвет (№№ XVI–XVII по шкале цветности).

Онежский залив.

Материалом для составления настоящей сводки послужили литературные данные и наши собственные наблюдения, выполненные во время рейсов в Онежский залив, организованных Беломорской биологической станцией и Лабораторией морских исследований Зоологического института АН СССР в 1981 и 1982 гг.

Рейс 1981 г. был рекогносцировочным: на 8 станциях, равномерно распределенных по акватории залива, были выполнены измерения температуры и солености воды, взяты пробы планктона.

В 1982 г. гидрологические работы включали измерения температуры, солености, прозрачности и наблюдения цвета воды. Кроме того, на двух станциях были осуществлены полусуточные измерения течений с помощью самописца БПВ-2.

Морфометрия.

Официально принятая граница Онежского залива проходит от Летней реки на Карельском берегу до мыса Горболукского на Летнем берегу. В этих пределах площадь Онежского залива равна 12.3 тыс. км², его объем составляет около 235 км³, а средняя глубина равна 19 м. Наибольшая ширина залива 100 км, протяженность с ЮВ на СЗ около 170 км.

В пределах собственно Белого моря Онежский залив является наиболее мелководным районом: почти на всей акватории глубины не превышают 50 м за исключением небольших участков к юго-западу от мыса Чесменского и Восточной Соловецкой салмы, в которой глубина достигает 87 м. Рельеф дна Онежского залива достаточно сложен, особенно вдоль западных его берегов, где находится великое множество малых островов, луд, корг, отмелей. Рельеф дна Западной Соловецкой салмы характерен перемежающимися глубинами; в Восточной Соловецкой салме рельеф дна сравнительно однообразен.

Главные особенности гидрологического режима Онежского залива связаны (помимо географического положения) с его морфометрическими характеристиками: относительно большие глубины в Соловецких салмах обеспечивают поступление в залив больших объемов вод, в результате мелководности всего залива возникают сильные приливо-отливные течения. Важное значение для гидрологии залива имеет также речной сток.

Постоянные течения, приливы и приливо-отливные течения.

Постоянные течения Белого моря в целом возникают и поддерживаются, главным образом, благодаря материковому стоку, сосредоточенному в вершинах заливов и создающему сточные течения вдоль их правых берегов, которые замыкаются в единый циклонический круговорот компенсационными течениями вдоль левых берегов заливов. Частью этой общей системы являются постоянные течения Онежского залива, представленные на рис. 9 (несколько упрощенный вариант схемы из «Атласа научных основ рыбопромысловой карты Онежского залива Белого моря», 1959), на котором видно, что струя постоянного течения из Бассейна входит в залив через Западную Соловецкую и Анзерскую салмы, огибает его берега и выходит через Восточную Соловецкую салму, образуя в пределах залива циклонические и антициклонические круговороты. Скорости постоянного течения в средней и южной частях

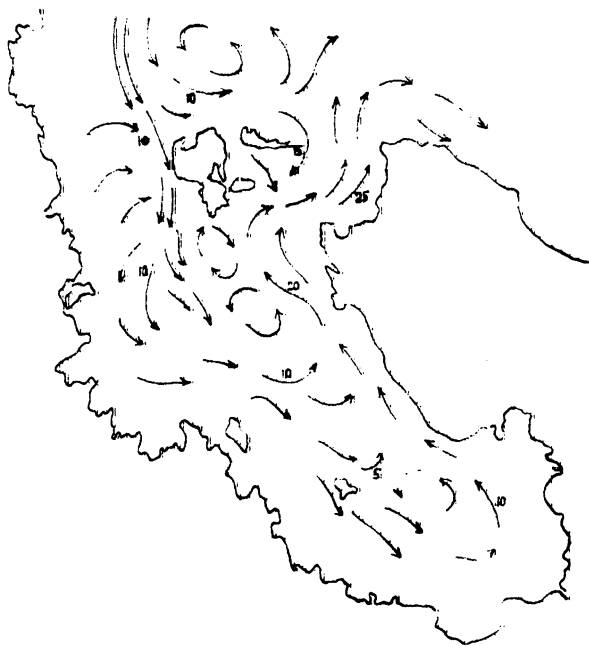


Рис. 9. Постоянные течения Онежского залива.

залива, как правило, не превышают 10–15 см/сек и лишь в Восточной Соловецкой салме достигают 25–35 см/сек.

Приливная волна, входящая из Баренцева моря через Горло в пределы собственно Белого моря, распространяется по Бассейну и входит в Кандалакшский, Онежский и Двинский заливы. На мелководьях Онежского залива движение приливной волны замедляется и приливы в пределах залива становятся полусуточными мелководными, особенностью которых является разница в продолжительности времени роста и падения уровня: время роста меньше времени падения. Приливные колебания уровня увеличиваются с севера на юг: на границе с Бассейном величина сизигийного прилива составляет около

1 м, в средней части Онежского залива – около 2 м и в куту залива – около 3 м.

Приливо-отливные течения в Онежском заливе имеют большие скорости и оказывают существенное влияние на особенности гидрологии Онежского залива. Особенно велики скорости приливо-отливных течений в Соловецких салмах, где могут достигать в сизигию 1 м/сек и более. На стадии прилива течения в Западной и Восточной Соловецкой салмах имеют генеральное направление на юг, на стадии отлива – на север.

Таким образом, благодаря суммарному действию постоянных и приливо-отливных течений, происходит постоянный водообмен между Бассейном и Онежским заливом, оказывающий первостепенное влияние на гидрологический режим последнего. Гидрологическое следствие сильных приливо-отливных течений заключается в интенсивном вертикальном турбулентном перемешивании вод, что приводит к полной вертикальной гомотермии и гомогалинности на большей части акватории Онежского залива.

Большое влияние на гидрологический режим залива оказывает также значительный речной сток, годовой объем которого составляет 45 км^3 (19% объема всего залива), из которых на долю р. Онеги приходится примерно $20 \text{ км}^3/\text{год}$, а остальная часть приходится на долю малых рек Поморского и Лямецкого берега. Относительно большой речной сток распресняет воды залива, в результате чего его средняя соленость оказывается гораздо ниже, чем в Бассейне Белого моря. Помимо распреснения крупные реки летом и зимой (при положительной разности температур между водами материкового стока и морскими) оказывают тепляющее влияние на воды прилегающих морских акваторий.

Распределение термогалинных характеристик.

Особенности термического режима Онежского залива определяются следующими факторами: 1 – географическим положением (самая южная часть Белого моря); 2 – относительной мелководностью; 3 – интенсивным турбулентным перемешиванием (в результате больших скоростей приливо-отливных течений); 4 – большим объемом речного стока, тепляющего рек.

В силу этих причин в Онежском заливе температура воды на поверхности летом достигает наиболее высоких значений (24°C) для Белого моря (такая высокая температура наблюдается еще лишь в устье Северной Двины). В результате интен-

сивного турбулентного перемешивания на большей части акватории залива часто наблюдается полная гомотермия от поверхности до дна и, как следствие этого, аномально высокие для Белого моря значения летних придонных температур. Например, по нашим измерениям температура воды на глубине 73 м в центральной части залива достигала в августе 8°C . Ни в одном другом районе моря такой высокой температуры на соответствующей глубине не наблюдается. Если учесть, что зимой температура воды в этих районах опускается до значений от -1.4 до -1.5°C , то годовая амплитуда придонных температур составит около 10°C , что, по мнению В. В. Тимонова (1950), может иметь важные биологические следствия.

Таким образом, если летом придонные температуры в Онежском заливе аномально высоки, то зимой в силу выхолаживания на мелководьях и интенсивного турбулентного перемешивания придонные температуры в заливе ниже, чем на соответствующих горизонтах в других районах собственно Белого моря. Следовательно, большую амплитуду температурных колебаний и относительно низкую зимой среднюю температуру всей водной толщи можно считать характерными чертами термического режима Онежского залива.

Общее представление о годовом ходе температур на поверхности дает табл. 10, составленная на основании данных Н. Я. Арсеньевой (1972). Как видно из таблицы, наиболее высокие летние температуры наблюдаются в куту залива и у Онежского берега; несколько ниже температура воды у Поморского берега. Необходимо иметь в виду, что максимальные, средние и минимальные температуры воды для зимних месяцев, условно отмеченные в таблице «0», на самом деле могут быть значительно ниже и быть равными температуре замерзания воды при соответствующих соленостях и лишь в непосредственной близости от устьев рек принимать нулевые значения; при солености, например, 20% температура замерзания составит -1.1°C , а при типичных для Онежского залива соленостях $25-28\%$ температура замерзания равна от -1.3 до -1.5°C . Следовательно, такие температуры наблюдаются на большей части акватории Онежского залива в зимние месяцы.

Общий характер пространственного распределения летней температуры воды на поверхности показан на рис. 7, на котором видно, что в центральной части залива от Соловецких

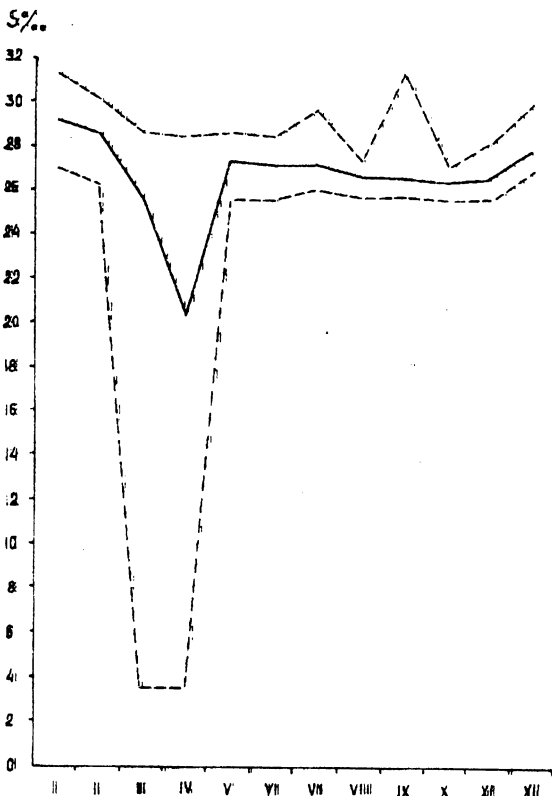


Рис. 10. Годовой ход солености поверхностного слоя воды в Онежском заливе.

островов тянется клин относительно холодных вод (температура ниже 10°C); по направлению к вершинной части залива температура повышается.

Режим солености Онежского залива определяется двумя основными факторами: 1 – водообменом с сопредельным Бассейном и 2 – большим объемом речного стока и его неравномерным распределением по акватории залива; испарение и

осадки, будучи величинами одного порядка, играют второстепенную роль.

При большом поступлении пресных вод ($45 \text{ км}^3/\text{год}$) можно было бы ожидать низких значений средней солености Онежского залива. Однако по нашим наблюдениям и по литературным данным (Кузнецов, 1960) средняя соленость залива составляет $25\text{--}26\text{‰}$, то есть достаточно высока, что свидетельствует об интенсивном водообмене залива с сопредельным Бассейном.

На рис. 10 представлен годовой ход солености поверхностного слоя воды, в центральной части Онежского залива, составленный по данным В. В. Кузнецова (1960). Минимум солености воды, наблюдаемый в апреле, связан с таянием льдов и весенним половодьем рек; максимум наблюдается зимой и связан с ледообразованием, являющимся причиной повышенной солености в поверхностном слое.

В пространственном распределении солености наблюдается общая тенденция ее уменьшения по направлению к вершине залива и по направлению от оси залива к его берегам (рис. 8). Летом в районе Соловецких островов соленость в поверхностном слое достигает $26\text{--}27\text{‰}$, а в это же время в куту залива составляет $24\text{--}25\text{‰}$. Значительное понижение солености наблюдается вблизи устьев рек (Кеми, Выга, Онеги), где она понижается до 20‰ и менее. Таким образом, в результате неравномерного распределения речного стока, соленость у западного берега залива ощутимо ниже, чем у восточного.

Как указывалось выше, благодаря интенсивному турбулентному перемешиванию, на большей части акватории залива наблюдается гомотермия и гомогалинность вод по вертикали; там же, где наблюдается стратификация, летом температура с увеличением глубины понижается, а соленость увеличивается. Вертикальное распределение температуры и солености, наблюдаемое в Онежском заливе показано на рис. 6.

В Онежском заливе, чаще чем в других районах моря, наблюдается сулой — зоны резкого изменения направления и скорости течения, причем часть из них имеет чисто динамическое происхождение и не сопровождается изменением основных океанологических характеристик при пересечении сулоя. Но в некоторых случаях сулой имеет черты гидрологического фронта, сопровождаясь изменением термогалинных характеристик. Сулой отчетливо видны на поверхности моря, благодаря скоплению водорослей, плавника, поверхностно-

Средние и экстремальные прибрежные температуры воды
в Онежском заливе

Пункт	Температура	Месяцы					
		I	II	III	IV	V	VI
Р. Кемь	Максимальная	0	0	1	2	11	17
	Средняя	0	0	0	1	4	11
	Минимальная	0	0	0	0	1	4
Р. Лямца	Максимальная	0	0	1	3	10	18
	Средняя	0	0	0	1	4	11
	Минимальная	0	0	0	0	1	3
Р. Онега	Максимальная	0	0	0	5	15	22
	Средняя	0	0	0	1	6	15
	Минимальная	0	0	0	1	2	6

Пункт	Температура	Месяцы					
		VII	VIII	IX	X	XI	X
Р. Кемь	Максимальная	20	19	17	8	6	2
	Средняя	15	15	11	6	2	0
	Минимальная	10	11	6	1	0	0
Р. Лямца	Максимальная	20	20	16	12	6	2
	Средняя	18	17	11	6	2	0
	Минимальная	11	13	6	1	0	0
Р. Онега	Максимальная	24	23	18	11	5	1
	Средняя	18	17	11	5	2	0
	Минимальная	14	13	6	1	0	0

активным пленкам («сликам»), образующим взаимосвязанный и взаимообусловленный комплекс (Бабков, 1967). В качестве примера на рис. 11 показано вертикальное распределение температуры, солености и плотности на двух станциях, расположенных между о-вом Большой Жужмуй и Шуйостровом; расстояние между станциями порядка 200 м; поверхностная температура изменяется на 1.4°C , а соленость на 0.7‰ ; во время измерений на поверхности наблюдалось скопление водорослей и плавника. На вертикальном разрезе видно характерное выклинивание изотерм, изогалин и изопики.

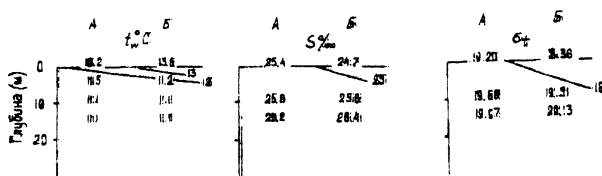


Рис. 11. Вертикальное распределение температуры (t), солености (S) и плотности (σ) воды на двух станциях в Онежском заливе.

Водные массы.

В настоящее время вопрос о водных массах Белого моря в целом является дискуссионным. Наше собственное мнение по этому вопросу подробно изложено в книге «Гидробиокомплексы Белого моря» (Бабков, Голиков, 1984), где, в частности, говорится об Онежском заливе. Согласно принятой нами классификации воды Онежского залива слагаются из двух водных масс: атлантической высокобореальной и эстуарно-бореальной, температурные характеристики которых имеют большую амплитуду сезонных колебаний: а соленость первой из них выше 16‰. Учитывая этот признак, очевидно, что эстуарно-бореальная водная масса в Онежском заливе занимает небольшие акватории, прилегающие к устьям рек, а основная часть объема заполнена атлантической высокобореальной водной массой.

Ледовый режим.

Характер ледового режима залива определяется пространственным распределением солености (неравномерностью распределения речного стока) и большими скоростями приливоотливных течений.

Неравномерность распределения речного стока приводит к наиболее раннему образованию льда вдоль западных берегов залива, где больше сказывается распресняющее действие рек, и на прилегающих распресненных морских акваториях. В центральных частях залива из-за повышенной солености образование льда происходит при более низких температурах, но основным препятствием для образования неподвижного льда

являются большие скорости приливо-отливных течений, а поэтому в центральной и северной частях Онежского залива, судя по литературным данным (Кузнецов, 1960), сплошного ледяного покрова не бывает.

Сроки появления льда и его исчезновения в разных частях Онежского залива различны: в среднем можно считать, что лед появляется в начале декабря, а к середине мая залив очищается ото льда. Таким образом, продолжительность ледового периода составляет около 5.5 месяцев. Весеннему очищению Онежского залива ото льда способствуют юго-западные ветры (повторяемость их в это время года достаточно велика), выносящие льды через Соловецкие салмы за пределы залива. Эти же ветры служат причиной образования стационарных полыней у Поморского и Карельского берегов (Кузнецов, 1961).

Прозрачность и цвет воды.

На распределение цвета и прозрачности воды в Онежском заливе влияют его малые глубины и материковый сток. Воды материкового стока непосредственно уменьшают прозрачность, а на малых глубинах вода взмучивается ветровым волнением, что приводит к снижению прозрачности воды.

Наибольшая относительная прозрачность воды наблюдается по оси залива в его северной части, где достигает 8 м; в центральной части залива она колеблется около 6 м и снижается до 3 м в южной части залива. Резкое снижение прозрачности происходит вблизи устьев крупных рек западного берега залива.

Цвет воды изменяется от желтовато-зеленого (номер XI по шкале цветности) в северной части залива до коричневатого-желтого (номер XVII по шкале цветности) в южной его части.

Литература

- Арсеньева Н. Я. *Пространственно-временная изменчивость температуры воды в прибрежной зоне Баренцева, Белого и Балтийского морей* // Тр. ГОИН. 1972. Вып. 110. С. 19–36.
- Атлас научных основ рыбопромысловой карты Онежского залива Белого моря* // Изд. АН СССР. М.–Л. 1956. 56 с.
- Бабков А. И. *Взаимосвязь явлений в зонах гидрологических фронтов* // Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков «Наука». Л. 1967. С. 164–168.
- Бабков А. И. *Краткая гидрологическая характеристика губы Чуна Белого моря* // Экологические исследования перспек-

- тивных объектов марикультуры фауны Белого моря. Л. 1982. С. 3–16.
- Бабков А. И., Голиков А. Н.** Гидробиокомплексы Белого моря. Л. 1984. с.
- Бабков А. И., Прыгункова Р. В.** Структура температурного поля и распределение зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря в связи с особенностями динамики вод // Биоценозы губы Чула Белого моря и их сезонная динамика. 1985. С. 59–93.
- Беклемишев К. В., Валовая Н. А., Иванова В. Л., Майер Е. М., Пантюлин А. Н., Семенова Н. Л., Сергеева О. М.** Новые представления об океанологической и биологической структуре Белого моря // ДАН СССР. 1975. Т. 224. № 1. С. 209–211.
- Беклемишев К. В., Пантюлин А. Н., Семенова Н. Л.** Биологическая структура Белого моря // Тр. Беломорск. биостанции МГУ. 1980. Т. 5. С. 8–19.
- Беклемишев К. В., Малютин О. И., Семенова Н. Л.** Структура биологической границы псевдобатиали в Белом море // Журн. общ. биол. 1982. Т. 43. № 3. С. 366–373.
- Вустер У. С.** Океанские водные массы // Энциклопедия Океан-атмосфера. Л. 1983. 464 с.
- Гурьянова Е. Ф.** Краткие результаты гидробиологических исследований Мезенского залива летом 1952 года // Материалы по комплексному изучению Белого моря. 1957. Вып. 1. С. 252–281.
- Дерюгин К. М.** Фауна Белого моря и условия ее существования // Исследование морей СССР. 1928. Вып. 7–8. 510 с.
- Добровольский А. Д., Залогин Б. С.** Моря СССР. Учебное пособие для вузов по спец. «Океанология». М. МГУ. 1982. 192 с.
- Залогин Б. С., Гнатовский Ю. С.** Характеристика зимней вертикально циркулирующей в Белом море // Вестн. МГУ. 1974. № 5. С. 87–92.
- Зубов Н. Н.** Динамическая океанология. Гидрометеиздат. М.–Л. 1960. 430 с.
- Зубов Н. Н.** Основы учения о приливах Мирового океана. М. Географиз. 1956. 240 с.
- Кузнецов В. В.** Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. Изд. АН СССР. М.–Л. 1960. 322 с.
- Кузнецов В. В.** Стационарные полыньи в Белом море // Тр. ГОИН. 1961. Вып. 64. С. 78–92.

- Пантюлин А. Н.** *Некоторые особенности структуры вод Белого моря* // Тр. Беломорск. биол. станции МГУ. 1974. Т. 4. С. 7–13.
- Тимонов В. В.** *К вопросу о гидрологическом режиме Горла Белого моря* // Исследования Русских морей. 1925. № 104. Вып. 1. С. 8–57.
- Тимонов В. В.** *О водообмене между Белым и Баренцевым морями* // Тр. ин-та по изучению Севера. 1929. Вып. 1 (13). С. 118–131.
- Тимонов В. В.** *Главные особенности гидрологического режима Белого моря* // Сборник «Памяти Ю. М. Шокальского» Изд. АН СССР. М.–Л. 1950. Ч. 2. С. 206–235.
- Хмызникова В. Л.** *Распределение количества планктона в Бассейне Белого моря как показатель гидрологических «полюсов» тепла и холода* // Тр. ГОИН. 1947. Вып. 1 (13). С. 155–164.
- Черновская Е. Н.** *Некоторые сведения по термике и гидрохимии Мезенского залива* // Тр. Мурманской биол. станции. 1958. Т. 4. С. 165–171.
- Шокальский Ю. М.** *Океанография*. Петроград. 1917. 616 с.
- Holland-Hansen B., Nansen F.** *The eastern North Atlantic*. Geofysiske Publikasjoner, Oslo, 1927. Vol. IV. № 2. P. 1–72.
- Svedrup H. U., Johnson M. W., Fleming R. H.** *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*. New York. 1942.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ¹

А. И. Бабков

Введение

Предлагаемая гидрологическая характеристика губы Чупа целиком основана на материалах стационарных исследований, проводимых Беломорской биологической станцией Зоологического института АН СССР. Поэтому, прежде чем перейти непосредственно к теме,² кратко охарактеризуем основные этапы океанологических работ на станции с момента ее основания, затронув историю возникновения других стационаров на Белом море и их роль в его изучении.

Экспедиционные исследования Белого моря, начатые в прошлом веке и выполняемые в настоящее время различными организациями, а также работы на стандартных гидрологических разрезах, проводимые Северным территориальным управлением по гидрометеорологии и контролю природной среды, важны для общего представления о закономерностях крупномасштабных процессов и гидрологическом режиме Белого моря в целом.

Вместе с тем, углубленное изучение ограниченных районов моря предполагает не только экспедиционные исследования, но и постоянные непрерывные наблюдения на стационарах, позволяющие выявить изменчивость гидрологических процессов разного периода – от короткопериодных до длиннопериодных. В этом отношении немаловажная роль принадлежит береговым гидрометеорологическим станциям, но измерения элементов гидрологического режима проводятся на них, как правило, по весьма ограниченной программе и не в полной мере отражают гидрологические условия прилегающей морской акватории.

¹ Иллюстрации к этой неоконченной статье автором не были подготовлены, однако редакция сочла необходимым сохранить ссылки на рисунки. Таблицы, место которых в тексте автором не указано, помещены в конце (*прим. ред.*)

² Ныне Зоологический институт РАН (*прим. ред.*)

По этим причинам научная общественность еще в прошлом веке осознала необходимость организации стационаров для детального изучения ограниченных районов моря. С этой целью в 1881 г. Петербургское общество естествоиспытателей открыло биологическую станцию на Большом Соловецком острове, и хотя тематика работ станции была биологической, на ней в небольшом объеме проводились отдельные гидрологические измерения (Книпович, 1883). К сожалению, станция на Соловецких островах существовала только 18 лет и в 1899 году была переведена на Баренцево море (г. Александровск на Кольском п-ове).

К идее организации стационаров вернулись в 20-х годах настоящего столетия. В январе 1931 г. на Белом море начала функционировать Методическая станция Государственного гидрологического института в пос. Умба на Кандалакшском берегу. Программой работ станции предусматривались ежедневные береговые и ежелекандные наблюдения на глубинах 100 и 200 м, а также сезонные гидрологические разрезы в Кандалакшском заливе. Цель круглогодичного изучения атмосферных, физических, химических и биологических процессов состояла, как понимал ее В. В. Тимонов (1947а), в установлении эпизодической и многолетней изменчивости режима моря и выяснения причин этой изменчивости.

Как видно из предыдущего, программа работ станции была достаточно широкой. Целый комплекс морских гидрологических исследований в 1934 г. был дополнен регулярными сборами планктона, которые продолжались до 1937 г., когда были прекращены в связи переходом станции в ведение Архангельского управления гидрометеорологической службы. В дальнейшем сокращение программы наблюдений продолжалось и в середине 70-х годов были прекращены океанологические работы, что явно противоречит статусу береговой станции.

В 1939 г. была организована Беломорская биологическая станция Московского университета в Великой Салме (Карельский берег Белого моря). В 70—80-х годах на Московской станции был выполнен ряд работ, касающихся гидрологической и биологической структуры Белого моря (Пантюлин, 1974; Беклемишев и др., 1975, 1980, 1982).

В 1957 г. в устьевой части губы Чула у мыса Картеш была основана Беломорская биологическая станция, входившая вначале своего существования в ведение Карельского филиала АН СССР. Выбор места расположения станции надо признать

удачным. Оптимальное удаление от крупных населенных пунктов исключает неблагоприятное антропогенное воздействие на изучаемую природную среду. Важно и то, что невдалеке глубины моря достигают 100 м, а на некотором удалении находятся наибольшие глубины Белого моря (более 300 м) и, следовательно, гидрологические наблюдения, выполняемые на прилегающих к станции акваториях, можно экстраполировать на собственно Кандалакпский залив и Бассейн. В непосредственной близости от станции находится точка ежедекадных летних и ежемесячных зимних гидрологических измерений и сборов планктона (именуемая декадной станцией Д-1), глубина которой на полной воде около 67 м. Таким образом, наблюдения в этой точке освещают весь деятельный слой моря.

Планомерные океанологические работы на беломорской биологической станции, включившие измерения на декадной станции, начал проводить с декабря 1957 г. Р. В. Пясковский. Следует подчеркнуть, что программа работ была довольно широкой, так как помимо измерения температуры и солености по глубинам, П. Г. Лобзой осуществлялся комплекс гидрохимических определений. Примечательно и то, что на первом этапе работы станции здесь велись метеорологические и микроклиматические наблюдения. В трех точках — на горе, на берегу моря и у озера — были установлены стандартные метеорологические будки; показания приборов снимались в принятые сроки; проводились также актинометрические измерения. Комплекс метеорологических наблюдений на станции выполняла Г. П. Расторгуева.

С 1959 г. начались регулярные сезонные гидрологические разрезы губы Чула по сетке станций, намеченной Р. В. Пясковским. Наблюдения на этих точках достаточно полно отражают особенности гидрологического режима губы и поэтому работы по той же схеме продолжают по сей день.

В тот же период проводились зимние ледовые наблюдения: измерения толщины льда, определение толщины снежного покрова и др. По результатам всех этих работ были написаны отчеты, положившие начало гидрологическому изучению губы Чула. Многие положения, выдвинутые на основе только начавшихся непродолжительных наблюдений (например, о глубине проникновения зимней вертикальной конвекции, а также причинах вертикального распределения термогалинных характеристик в котловине кутовой части губы Чула), полностью подтвердились дальнейшими исследованиями.

В шестидесятых годах океанологические работы на станции осуществлял Ю. М. Савоськин. Во время его работы были выполнены всесторонние исследования гидрологии губы Чула, а также значительные по объему работы в Кандалакшском заливе; но к этому же периоду относится и сокращение гидрологической программы по части гидрохимии. Ю. М. Савоськин на большом материале накопленных на ББС наблюдений написал обстоятельную работу по гидрологии губы Чула, которая, к большому сожалению, не была опубликована (находится в фондах ББС в виде рукописи). Им же написан ряд работ, касающихся гидрологии литорали и представляющих несомненный интерес для гидробиологов.

С уходом Ю. М. Савоськина в 1971 г. планомерные океанологические наблюдения на ББС были прекращены, а возобновились лишь в 1973 г.¹

В 1974 г. Беломорская биологическая станция получила новое судно РС-300 «Картеш», после чего появилась возможность экспедиционных работ на всей акватории Белого моря. В 70-х годах осуществлены неоднократные рейсы в Кандалакшский залив, включавшие гидрологические измерения и сборы планктона. С 1974 г. на НИС «Картеш» производятся регулярные сезонные разрезы по маршруту Чула-Умба, пересекающему область наибольших глубин Белого моря. В этот же период (70–80-е годы) начали применяться некоторые новые гидрологические приборы: автоматические батометры-термобатиграфы, электросолемеры отечественного производства и др.

В отношении введения методических новшеств следует сделать несколько замечаний. Работа на стационарах предполагает непрерывные наблюдения, которые могут осуществляться лишь с помощью достаточно надежных приборов. Кроме того, эти приборы должны быть настолько простыми в обращении, чтобы ими могли пользоваться операторы, не обладающие высокой квалификацией, так как непрерывные круглогодичные наблюдения обеспечиваются не только специалистом-океанологом, но и сотрудниками, не имеющими соответствующей подготовки. И еще – по самому смыслу стационарных исследований наблюдения должны быть сравнимы между собой, а это требует равноценных методик. По всем этим причинам методические новшества и новые приборы вводятся на

¹ С приходом на станцию А. И. Бабкова (прим. ред.)

станции постепенно и лишь после многократной проверки и оценки их пригодности для работы в специфических условиях ББС.

Условия стационара позволили в 1974–75 гг. провести круглогодичный цикл измерений подводной освещенности (Бабков, 1982). В безледный период измерения выполнялись с маломерных судов, зимой – со льда. Эти определения имели целью установление корреляции между подводной освещенностью и первичной продукцией.

Океанологические исследования, выполненные на ББС, нашли отражение в ряде публикаций (Бабков, 1982; Бабков, Голиков, 1984; Бабков, 1985; Голиков, Бабков, 1985; Бабков, Прыгункова, 1985; и др.).

В заключение несколько слов о стационарах.

Выше было сказано: что Соловецкая биологическая станция существовала всего 18 лет и по непонятным причинам была закрыта. Методическая станция Государственного гидрологического института (основанная в 1931 г.) первоначально работала по широкой программе, в которой океанология занимала достойное место; в дальнейшем программа сокращалась, а в 70-х годах океанологические работы были вообще прекращены, что никак не оправдано, учитывая береговое расположение станции. Программа океанологических исследований на Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР в начале ее существования была также довольно широкой, но в 60-х годах были прекращены метеорологические и – что особенно важно – гидрохимические наблюдения. В начале 70-х годов океанологические работы на станции не проводились вообще.

Как прекращение работы стационаров, так и сокращение программы их работ достойны сожаления, ибо чем длиннее ряд наблюдений, тем большую ценность они представляют для оценки возможных колебаний условий среды. Непрерывность наблюдений – необходимое условие для фиксации аномальных явлений. Поэтому считаем, что океанологические работы на станции следует непрерывно продолжать, по возможности расширяя программу.

Географическое положение и основные морфометрические характеристики губы Чупа

Губа Чупа расположена в юго-восточной части Кандалакшского залива приблизительно в 18–20 км к югу от Северного полярного круга (рис. 1). Губа вытянута в широтном направ-

лении на расстояние около 37 км; площадь ее зеркала составляет 57 км², характерная ширина варьирует около 1.5 км, средняя глубина равна 20 м, а максимальные глубины у о-ва Ярославль и мыса Картеш достигают соответственно 70 и 66 м. Между этими впадинами наименьшие глубины (порядка 15 м) находятся у о-ва Оленьего, которые оказывают влияние на характер водообмена между западной и восточной частями губы Чула.

Краткая характеристика климата

В результате того, что Белое море глубоко врезано в материк и расположено вблизи Северного Ледовитого и Атлантического океанов его климату присущи морские и континентальные черты. Зимой температура воздуха может опускаться до минус 35 – 40° С, а летом превышать 25° С. Средняя температура января составляет около –15° С, а средняя температура июля несколько выше 10° С. Приблизительно в этих же пределах колеблется температура воздуха в районе губы Чула. Отмечаются микроклиматические различия между западной и восточной частями Чула: летом температура воздуха в восточной ее части, как правило, ниже, а зимой выше, чем в западной ее части, причем разница температур может достигать нескольких градусов.

По данным измерений температур на мысе Картеш построен график (рис. 2), на котором видно, что переход среднемесячных температур к положительным значениям происходит в мае, к отрицательным – в ноябре. График построен для одного конкретного года, когда на Беломорской биологической станции проводились регулярные метеонаблюдения штатным метеорологом Г. П. Расторгуевой. В 1959 г. метеорологические наблюдения прекратились и для характеристики многолетней изменчивости температуры воздуха и других метеозлементов материалов нет.

Распределение осадков в течение года определяется муссонным характером атмосферной циркуляции в районе Белого моря. Наименьшее количество осадков приходится на весенние месяцы (март, апрель), наибольшие – на летние и осенние. В районе губы Чула более половины дней в году отмечаются осадки. Суммарное годовое количество твердых и жидких осадков превышает 400 мм.

Ветровой режим в районе губы Чула можно охарактеризовать, экстраполируя систематические метеорологические на-

блюдения гидрометеостанции в дер. Гридино, а также используя непродолжительные метеорологические наблюдения, которые выполнялись на мысе Картеш сразу же после основания Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР.

На акватории Белого моря общие закономерности ветрового режима объясняются его муссонным характером, который в свою очередь, определяется тем, что зимой над севером Европы устанавливается обширный антициклон, а над Баренцевым морем – область пониженного давления, в то время как летом антициклон располагается над Баренцевым морем, а южнее Белого моря развивается циклоническая деятельность. В результате этого зимой в районе Белого моря преобладают юго-западные ветры, а летом увеличивается повторяемость северо-восточных ветров.

Те же закономерности сезонной изменчивости направлений ветра характерны и для района губы Чупа: зимой здесь наиболее часты юго-западные ветры, а летом увеличивается повторяемость ветров с восточной составляющей: северо-восточных, восточных и юго-восточных. Весной ветры неустойчивы по направлению, хотя усматривается некоторое преобладание ветров с западной составляющей. Осенью опять увеличивается повторяемость юго-западных ветров. Наибольшие скорости ветра наблюдаются в ноябре, наименьшие – в мае.

Гидрологическая характеристика. Структура вод

Большие глубины в устьевой части губы Чупа способствуют ее свободному водообмену с Кандалакшским заливом, в результате чего структура вод в губе и заливе аналогична. Поэтому некоторые общие положения важны для понимания гидрологии этого района и особенностей распределения организмов по глубинам.

В ряде сравнительно недавно опубликованных работ (Пантюлин, 1974; Беклемишев и др., 1975, 1980, 1982) на основании *T, S*-анализа водных масс выдвигается положение о трехслойной структуре вод Белого моря. Эта точка зрения подвергается сомнению (Бабков, Голиков, 1984) на том основании, что применение *T, S*-анализа для установления структуры вод Белого моря не оправдано, так как при использовании этого метода анализа водных масс верхний 100-метровый слой обычно не рассматривается из-за больших колебаний в нем термогалинных характеристик (Helland-Hansen, Nansen, 1927;

Svedrup et al., 1942; Вустер, 1983). Поэтому выделенную К. В. Беклемишевым и его соавторами в качестве самостоятельной поверхностную водную массу следует рассматривать как некий *слой*, который появляется только летом. Вместе с тем, анализ распределения вертикальной устойчивости водных слоев (Бабков, Голиков, 1984) приводит к выводу о том, что весь объем вод Белого моря представлен двумя основными водными массами, причем это положение согласуется с биогеографической структурой населения. Таким образом, подтверждается точка зрения Н. М. Книповича (1891), К. М. Дерюгина (1928) и В. В. Тимонова (1950) о двухслойной структуре вод и приводятся дополнительные доказательства ее справедливости и универсальности. Мнения в поддержку двухслойной модели высказываются и в некоторых новейших источниках (например, Доронин, 1986).

Двухслойная структура вод свойственна собственно Белому морю (в понимании Бабкова, Голикова, 1984; Голикова, Скарлато, 1987) за исключением Онежского залива. Достаточно четко двухслойная структура проявляется в Кандалакшском заливе и в губе Чула.

Граница между двумя основными водными массами располагается в среднем на глубине около 35 м, но может опускаться и до 70 м. Обе водные массы подразделяются на слои, наиболее четко выраженным из которых является слой волнового перемешивания верхней водной массы, который образуется летом и распространяется до глубины 10–20 м. В этом слое велика разнопериодная изменчивость температуры и солености воды: в летние месяцы температура в этом слое может достигать 20° С соленость, как правило, не выше 25–26‰. Так как поверхностная водная масса образуется в результате смешения поступающих в Белое море баренцевоморских вод (близких по своим характеристикам к североатлантическим) с материковым стоком, то соленость этой водной массы колеблется около 28‰.

Начиная с 35–70 м и до предельных глубин котловина Белого моря заполнена холодными водами, температура которых в верхнем слое гидрологическим летом не превышает 5° С, а соленость превосходит 28‰. На глубине 100 м температура постоянно отрицательная. Нижний слой этой водной массы всегда имеет отрицательную температуру около (–1.4) – (–1.5°) С, а соленость в глубоководных впадинах достигает 30‰. Эти воды обязаны своим происхождением зимним про-

цессам в Горле Белого моря. Механизм их образования обстоятельно рассмотрен в ряде работ В. В. Тимонова (1925, 1929, 1947, 1950).

Режим температуры

Температурный режим любого природного водоема определяется величиной и изменчивостью составляющих теплового баланса. Из составляющих теплового баланса, определяющих термический режим Белого моря, наибольшее значение имеет поглощенная солнечная радиация, равная $71.4 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$, что составляет 78% приходной части баланса тепла (Елисов, 1985). Много меньше тепла приносят течения и материковый сток: $15.3 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$ (17%), теплота ледообразования даст $3.2 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$ (4%), а турбулентный теплообмен с атмосферой не превышает $1 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$ (1%). Изменчивость приходной и расходной частей теплового баланса такова, что наибольшее значение радиационного баланса (поглощенная радиация минус эффективное излучение) приходится на июнь и составляет $14 \text{ ккал/см}^2 \times \text{мес.}$ От июня к августу величина радиационного баланса уменьшается, но, благодаря поступлению тепла, нагрев вод продолжается и температура воды на поверхности достигает максимума в середине августа, то есть спустя 2 месяца после летнего солнцестояния, а максимум теплосодержания приходится на конец августа – начало сентября. В сентябре общий тепловой баланс становится отрицательным, достигая минимального значения ($-11.0 \text{ ккал/см}^2 \times \text{мес.}$) в декабре. Минимум температуры воды на поверхности наступает в январе, а минимум теплосодержания (в силу большой теплоемкости воды) отмечается в марте-апреле.

Для характеристики температурного режима губы Чула использованы данные наблюдений в стационарной точке близ мыса Картеш и некоторые литературные сведения.

Температурные условия губы Чула достаточно суровы: среднегодовая температура всей водной толщи, как правило, не более 2°C . Годовая амплитуда колебаний температуры на поверхности превышает 20°C . Наиболее высокая зафиксированная летняя температура воды близ мыса Картеш составила 19.3°C , а при типичных соленостях в этом районе температура воды зимой не опускается ниже -1.5°C . Летом поверхностный слой прогревается до относительно высоких температур: средняя многолетняя поверхностная температура резко падает в 20–25-метровом слое. В придонном горизонте темпе-

ратура воды лишь во второй половине года приобретает положительные значения. Максимально возможная температура воды у дна не превышает 5°C .

Осенью в результате охлаждения поверхностного слоя начинается конвективное перемешивание, которое усиливается с началом ледообразования вследствие осолонения воды на поверхности. Таким образом, конвективное перемешивание в губе Чула соответствует полярному типу по классификации Н. Н. Зубова (1947). В конце осени в результате интенсивного выхолаживания конвекция в устьевой части губы Чула достигает дна (то есть превышает 60 м). В ноябре температура на всех горизонтах до дна колеблется около 2°C . Зимой температура всей толщи воды понижается до -0.5 минус 1°C , а состояние, близкое к гомотермии по вертикали, сохраняется до мая.

В таблице 1 приведены среднемесячные значения температуры воды, рассчитанные по 30-летнему циклу наблюдений. По этим же данным построен график годового хода среднемесячной температуры воды по глубинам (рис. 3), на котором виден общий характер изменчивости температуры в течение года. По графику также устанавливаются моменты максимумов и минимумов температуры, сроки и продолжительность гидрологических сезонов (Бабков, 1985). Учитывая значительную (30 лет) продолжительность непрерывного ряда наблюдений, приведенные в таблице значения среднемесячных температур можно считать вполне надежными. О пределах колебаний температур дает представление табл. 2, в которой приведены фактически наблюдаемые экстремальные значения.

Определенный интерес может представить анализ пространственно-временной изменчивости амплитуды колебаний температуры. С этой целью для большей наглядности значения амплитуд из табл. 2 представлены графически в виде изолиний на рис. 4. На рисунке видно, что зимой максимальные амплитуды колебаний температуры порядка 4°C наблюдаются в придонном горизонте. Весной амплитуды колебаний резко возрастают. На поверхности и в промежуточном слое наибольшие амплитуды наблюдаются в июле-августе, причем максимальные значения амплитуд колебаний температуры отмечены не на поверхности, а на глубине 10–15 м. Вероятно, это объясняется тем, что в одних случаях измерения на этих глубинах относятся к слою волнового перемешивания, отличающегося наиболее высокими летними температурами, а в других случаях измерения характеризуют слой относительно низкой

температуры под термоклинном. Оба варианта измерений зависят от того, на какую фазу внутренних волн приходится каждое из них: при прохождении на горизонте измерений ложбины внутренней волны наиболее вероятна фиксация повышенной температуры, а при прохождении гребня — пониженной.

Тридцатилетний ряд непрерывных наблюдений позволяет выявить межгодовую изменчивость термического режима. Если взять в качестве характеристики среднегодовую температуру определенного слоя воды, то она отразит теплозапас вод. Для суждения о межгодовых колебаниях теплозапаса были вычислены среднегодовые температуры от поверхности до дна в устьевой части губы Чупа. Результаты расчета представлены в виде гистограмм (рис. 5). Этот расчет позволил выявить температурные аномалии в течение 30-летнего цикла. Наиболее холодными за этот период оказались 1958 и 1966 гг., наиболее теплыми — 1961 и 1980 гг.

Имеются основания полагать, что выполненные расчеты отражают реальную межгодовую изменчивость термического режима, так как его аномалии совпадают с особенностями биологических процессов в губе Чупа. Например, в наиболее холодном 1966 году отмечено отмирание массовых видов обитателей литорали, задержка сроков нереста и т. п. (Русанова, Хлебович, 1967). Установлены довольно четкие связи между аномалиями термического режима и ходом биологических процессов планктонных организмов (Бабков, Прыгункова, 1974).

Режим солености

Пониженная, по сравнению с океанической, соленость Белого моря в целом еще в большей степени свойственна губе Чупа, благодаря стоку реки Пулоньги и многочисленных ручьев, впадающих в губу. Наибольшему распреснению подвержена кутовая часть губы, но и в устье соленость на поверхности ниже, чем в открытом море.

Годовой ход солености на различных глубинах представлен на рис. 6. График дает общее представление о годовом ходе средней солености, о сроках наступления максимальных и минимальных значений, а также об амплитудах колебаний солености на различных глубинах.

На рис. 7 пространственно-временная изменчивость амплитуд колебаний солености представлена в виде изоплет, построенных по данным табл. 4. Как видно из рисунка, наибольшие

амплитуды колебаний солености (порядка 20‰) наблюдаются в поверхностном слое зимой и весной. Большие амплитуды колебаний солености в это время обусловлены тем, что соленость относительно тонкого поверхностного слоя зимой значительно уменьшается в результате распространения подо льдом речного стока, а весной – в результате таяния льда. Для характеристики весеннего распреснения в рассматриваемом районе были предприняты специальные исследования (Бабков, Луканин, 1985), которые показали, что наибольшему распреснению подвергается поверхностный полуметровый слой, соленость которого опускается ниже 2‰. В конце лета – начале осени амплитуда колебаний солености на поверхности уменьшается и вновь увеличивается в начале зимы. Таким образом, наибольшие амплитуды колебаний солености наблюдаются в период расслоения вод (весной), а наименьшие – в период осенней конвекции при интенсивном перемешивании вод до глубин порядка 50–70 м. В верхнем 10-метровом слое сезонные колебания солености превышают 10‰. По мере увеличения глубины амплитуда колебаний солености уменьшается: глубже 25 м амплитуда, в основном, не превышает 5‰, а в придонных горизонтах она менее 4‰.

На рис. 8 *а, б* представлено распределение гидрологических элементов по вертикали вдоль губы Чула, характерное для гидрологической зимы 25–27 марта 1993 г. Температура воды на поверхности и на глубинах в кутовой части выше: чем в устьевой; соленость на поверхности практически одинакова на всем протяжении губы: но во впадине кутовой части соленость на 1.5‰ ниже, чем на соответствующей глубине в устьевой части.

Гидрологической весной (рис. 9 *а, б* разрез 21 июня 1959 г.) температура в котловине кутовой части губы на 1.5° С выше, чем на такой же глубине в устьевой части, а соленость приблизительно на 1‰ ниже.

Гидрологическим летом (рис. 10 *а, б*, разрез 7 августа 1959 г.) температура как на поверхности, так и на глубине в кутовой части выше, чем в устьевой, причем на глубине 50 м температура в кутовой части более чем на 5° С выше по сравнению с температурой на соответствующей глубине в устьевой части; разность соленостей приблизительно 1‰.

В конце гидрологического лета – начале гидрологической осени (рис. 11 *а, б*) температура на поверхности вдоль губы

выравнивается, а разность температур в котловинах кутовой и устьевой части сохраняется и доходит до 5°C .

Гидрологической осенью (рис. 12 а, б) различия температуры и солености в кутовой и устьевой частях не более 1°C и 1‰ , а в придонных горизонтах котловин устьевой и кутовой частей доходят до 4°C по температуре и до 2‰ по солености.

Рассмотрение продольных гидрологических разрезов губы Чупа, относящихся к разным сезонам, приводят к выводу, что лишь гидрологической зимой наблюдается относительная гомотермия по вертикали и горизонтали, когда разность температур в устьевой и кутовой частях колеблется около 0.5°C .

Поверхностная и придонная соленость в кутовой части во все сезоны ниже аналогичных соленостей устьевой части.

Таким образом, в распределении термогалинных характеристик в кутовой и устьевой частях губы Чупа усматриваются общие закономерности. Так, придонная температура в котловинах кутовой части во все сезоны выше температуры на соответствующей глубине в устьевой части, а соленость в кутовой части во все сезоны ниже, чем в устьевой части. Различия по температуре могут достигать 5°C и более, а по солености — порядка 2‰ .

Поверхностная температура в кутовой части может быть выше и ниже, чем в устьевой, а поверхностная соленость в кутовой части всегда ниже, чем в устьевой. Колебания температуры и солености в кутовой части могут вызываться движением вод в вертикальной плоскости: подток глубинных вод к поверхности в летний сезон сопровождается понижением температуры и солености. Различия температур и соленостей между кутовой и устьевой частями губы Чупа иллюстрируется табл. 5.

Среднемесячные значения температуры воды
в устьевой части губы Чула

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.3	3.0	9.2
10	-0.8	-0.9	-1.0	-0.9	0.4	4.2
25	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.5	0.5
50	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4
65	-0.2	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.6

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	13.3	13.5	9.4	4.8	1.7	-0.4
10	9.0	11.1	8.6	4.9	2.0	-0.2
25	2.5	4.3	4.9	3.9	2.2	0.1
50	0.2	1.0	1.7	1.8	1.6	0.8
65	0.0	0.8	1.6	1.6	1.6	0.9

Экстремальные значения температуры воды
в устьевой части губы Чупа

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
Максимальные температуры						
0	0.1	0.1	0.1	1.3	9.2	16.2
10	0.8	1.7	-0.1	0.5	4.8	12.2
25	2.1	2.4	1.5	0.2	1.5	5.0
50	2.4	2.7	0.5	-0.2	0.1	1.0
65	3.1	2.8	0.4	-0.2	-0.2	0.9
Минимальные температуры						
0	-0.5	-1.4	-1.4	-1.2	-0.8	3.7
10	-1.4	-1.4	-1.5	-1.3	-1.2	-0.9
25	-1.4	-1.3	-1.2	-1.3	-1.0	-1.2
50	-1.2	-1.3	-0.9	-1.1	-1.1	-1.2
65	-1.1	-1.3	-1.0	-1.1	-1.2	-1.2
Амплитуда колебаний						
0	1.6	1.5	1.5	2.5	10.0	12.5
10	2.2	3.1	1.4	1.8	6.0	13.1
25	3.5	3.7	2.7	1.5	2.5	6.2
50	3.6	4.0	1.4	0.9	1.2	2.2
65	4.2	4.1	1.4	0.9	1.0	2.1

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальные температуры						
0	19.1	19.3	14.0	8.6	5.0	1.6
10	16.7	17.5	14.1	8.5	5.3	1.7
25	10.8	14.3	12.1	8.3	4.2	2.2
50	2.5	6.0	5.2	4.6	3.8	2.3
65	2.4	2.9	5.0	4.2	3.8	2.7
Минимальные температуры						
0	6.4	9.5	4.1	0.1	-1.4	-1.5
10	0.5	2.0	2.7	1.2	-1.4	-1.4
25	-1.0	-0.6	-0.9	0.4	-1.4	-1.4
50	-1.1	-0.9	-0.6	-0.2	-0.1	-0.7
65	-1.1	-0.9	-0.7	-0.2	-0.1	-0.6
Амплитуда колебаний						
0	12.7	9.8	9.9	8.5	6.4	3.1
10	16.2	15.5	11.4	7.3	6.7	3.1
25	11.8	14.9	11.2	7.9	5.6	3.5
50	3.6	6.9	5.8	4.8	3.9	3.0
65	3.5	3.8	5.7	4.4	3.9	3.3

Среднемесячные значения солёности воды
в устьевой части губы Чула

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
0	20.5	18.7	17.8	14.5	16.4	21.9
10	26.6	26.6	25.9	26.3	25.8	25.1
25	27.2	27.5	27.8	27.9	27.5	27.3
50	27.6	28.0	28.3	28.4	28.2	28.1
65	27.8	28.2	28.5	28.5	28.4	28.3

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	23.2	24.1	24.9	25.6	26.2	25.4
10	25.0	25.2	25.7	26.1	26.6	26.9
25	26.9	26.8	26.9	26.9	27.1	27.2
50	27.9	27.8	27.7	27.8	27.7	27.5
65	28.0	27.9	27.9	27.9	27.8	27.7

Экстремальные значения солености воды
в устьевой части губы Чула

Глубина, м	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
Максимальные солености						
0	27.4	28.2	28.3	27.9	25.2	25.9
10	28.9	28.9	28.6	28.3	27.9	27.9
25	28.9	28.9	29.4	29.2	29.0	29.1
50	28.6	29.0	29.9	29.7	30.4	29.3
65	29.0	29.5	29.9	29.7	29.5	29.9
Минимальные солености						
0	5.9	5.8	7.2	0.0	0.7	12.9
10	11.7	18.7	16.8	12.4	15.9	18.8
25	25.4	22.7	26.1	26.4	24.2	24.6
50	26.8	27.3	26.8	27.4	26.7	26.1
65	26.9	27.2	27.2	27.2	27.3	27.1
Амплитуда колебаний						
0	21.5	22.4	21.1	27.9	24.5	13.0
10	17.2	10.2	11.8	15.9	12.0	9.1
25	3.5	6.2	3.3	2.8	4.8	4.5
50	1.8	1.7	3.1	2.3	3.7	3.2
65	2.1	2.3	2.7	2.5	2.2	2.8

Глубина, м	Месяцы					
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Максимальные солености						
0	26.8	26.4	27.9	27.4	27.5	28.5
10	27.4	29.5	28.4	27.5	27.9	27.7
25	29.1	30.1	29.9	28.5	28.5	29.4
50	30.2	30.1	29.9	29.0	28.8	29.7
65	29.8	30.0	30.1	29.4	30.4	29.9
Минимальные солености						
0	9.1	18.6	22.2	21.9	24.4	14.3
10	20.2	19.4	23.3	24.5	25.1	25.2
25	24.4	24.4	24.5	24.7	25.4	25.6
50	26.0	25.4	26.0	26.1	27.1	26.7
65	27.1	26.7	26.0	26.1	27.1	27.1
Амплитуда колебаний						
0	17.7	7.8	5.7	5.5	3.1	14.2
10	7.2	10.1	5.1	3.0	2.8	2.5
25	4.7	5.7	5.4	3.8	3.1	3.8
50	4.2	4.7	3.9	2.9	1.7	3.0
65	2.7	3.3	4.1	3.3	3.3	2.8

Таблица 5

Дата выполнения разреза	Поверхностная температура воды, °С	
	В кутовой части	В устьевой части
25-27.III.59	-0.41	-0.57
21-22.VI.59	9.86	10.30
7.VIII.59	15.92	14.61
28.IX.59	7.52	7.24
6.X.57	5.95	6.40
	Поверхностная соленость воды, ‰	
	В кутовой части	В устьевой части
25-27.III.59	8.31	23.59
21-22.VI.59	25.50	25.73
7.VIII.59	25.70	25.77
28.IX.59	24.45	25.86
6.X.57	21.86	23.86

Дата выполнения разреза	Придонная температура воды, °С	
	В кутовой части	В устьевой части
25-27.III.59	-0.58	-0.86
21-22.VI.59	0.97	-0.87
7.VIII.59	5.31	0.92
28.IX.59	7.62	2.40
6.X.57	6.75	2.63
	Придонная соленость воды во впадинах, ‰	
	В кутовой части	В устьевой части
25-27.III.59	26.94	28.54
21-22.VI.59	26.80	27.73
7.VIII.59	26.44	27.56
28.IX.59	25.91	27.66
6.X.57	24.85	26.67

ИЗУЧЕНИЕ ВОДООБМЕНА АКВАТОРИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МИДИЕВЫХ ХО- ЗЯЙСТВ НА БЕЛОМ МОРЕ

А. И. Бабков,* В. Н. Галкина,* Э. Е. Кулаковский,*
Ю. И. Ляхин,** И. Л. Башмачников,*** В. Р. Фукс***

* Зоологический институт РАН, С.-Петербург.

** Российский Государственный Гидрологический институт,
С.-Петербург.

*** Санкт-Петербургский Государственный университет

Благодаря многолетним совместным работам ученых, прежде всего, Зоологического института РАН, и работников рыбной промышленности Карелии и Мурманска, на Белом море была создана промышленная марикультура ценного промыслового моллюска – мидии (*Mytilus edulis* L.) (Житний и др., 1984; Кулаковский, 1987; Кулаковский и др., 1993, 1995).

Интенсификация работ по промышленному культивированию любого объекта требует тщательного исследования различных сторон взаимоотношения массовых, искусственно создаваемых поселений объекта культивирования и окружающей среды. Это вытекает из основного условия марикультуры – ее экологической безопасности. Данное положение в большей степени, чем для других морей, актуально для Белого моря, принадлежащего к арктическим морям.

Создание промышленных мидиевых хозяйств прямо или косвенно влияет практически на все стороны жизнедеятельности биоты данной акватории и смежных районов моря. Степень и характер такого влияния обуславливает, в конечном счете, масштабность, эффективность и даже целесообразность марикультуры.

Исходя из этого краеугольного положения, все работы, направленные на обоснование марикультуры, обязательно должны предусматривать ее экологическую безопасность.

Выбор места размещения промышленных мидиевых хозяйств в Белом море определяется, прежде всего, наличием соответствующих условий для оптимального развития моллю-

сков и защищенностью конструкций хозяйств от разрушительного волнового и ледового воздействия.

Одним из основных условий для оптимального роста мидий является достаточно хороший водообмен в акватории, где размещаются хозяйства. Ранее было показано, что темп роста мидий выше в тех местах, где при прочих равных условиях показатели водообмена выше. Показатели водообмена важны как при выборе мест размещения мидиевых хозяйств, так и в процессе их функционирования, поскольку являются достаточно хорошим индикатором состояния развития культивируемых моллюсков (Бабков, Кулаковский, 1988; Бабков и др., 1993).

В Белом море наилучшие места размещения мидиевых хозяйств приурочены к закрытым и полузакрытым участкам (проливам, бухтам и эстуариям с четко выраженным перемешиванием вод разного генезиса). Примером акватории, благоприятной для мидиевой марикультуры, является Оборина Салма, расположенная в устьевой части губа Чула Кандакшского залива.

Данное место было выбрано на основании предварительных рекогносцировочных исследований, выполненных ЗИН РАН в 1980–1990 гг., включавших в себя ледовые авиаразведки, постановки автономных самописцев течений БПВ-2 и измерения основных океанологических параметров.

В этом месте, в 1988 г., силами Беломорской базы Гослова рыбы (г. Беломорск, Карелия), было поставлено промышленное мидиевое хозяйство, площадью 2.2 га, которое и функционировало 3 года. Результаты по развитию культивируемых здесь мидий свидетельствуют о преимуществе данной акватории перед уже используемыми по основным «марикультурным» показателям развития моллюсков – темпу роста и биомассе. Так, мидии с хозяйства в Обориной Салме были собраны после 3-х лет выращивания, вместо 4-х лет культивирования в других местах. Высказывалось предположение, что благоприятные условия для роста мидий в данной акватории в значительной степени обусловлены ее гидрологическими особенностями (Кулаковский и др., 1993).

Целью настоящей работы как раз и является более подробное исследование гидрологического режима акватории Оборина Салма.

Это место расположено в восточной части Керетского архипелага между островами Кереть, Большой Андронин, Си-

доров и Кишкин. Акватория Обориной Салмы сообщается с губой Чула посредством широкого пролива в северной своей части; с Кандалакшским заливом – через узкий пролив в восточной части; с Большой Салмой – через южный пролив, обсыхающий при малой воде. Пролив между островами Большой Андронин и Кереть, шириной около 25 м, очень мелководный, обсыхающий значительную часть времени в отлив, не может существенно влиять на водообмен (рис. 1).

Данная акватория защищена от ветров практически всех направлений, поскольку окружена островами, высотные отметки которых превышают 50 м. Благодаря такому расположению, ветровые и волновые факторы, а также подвижки льдов весной не представляют здесь серьезной угрозы конструкциям мидиевого хозяйства.

Если ограничить это пространство разрезами, показанными на рис. 1, то площадь исследуемой акватории составит 1140600 м^2 , объем – 10^7 м^3 , а средняя глубина – 9 м. В центре расположена котловина, ограниченная изобатой 10 м, с максимальной глубиной 27 м. При полной воде глубина на пороге южного пролива составляет менее 2 м; северного – около 5 м; восточного – 10 м.

Комплекс океанологических исследований в летний сезон 1993–1994 гг. включал измерения температуры воды на разных горизонтах; наблюдения за течениями на горизонтах 0, 5, 10 и 15 м; постановку автономных буйковых станций; наблюдения над уровнем моря и определение основных гидрохимических параметров (соленость, биогенные элементы, растворенный кислород).

Динамика вод в Обориной Салме определяется, главным образом, приливными явлениями. Для исследования характера горизонтальной изменчивости скоростей приливных течений была построена двумерная приливная модель. Использование криволинейных координат позволило достаточно полно учесть морфометрические особенности данной акватории (Вольцингер и др. 1989). В качестве граничных условий модели задавались расходы воды в основных проливах.

На рис. 2 а представлены результаты расчета приливных течений в фазу прилива. Приливная волна входит как через северный, так и через восточный проливы. В это время господствуют течения южных и западных румбов. В месте расположения мидиевого хозяйства проявляется течение южного направления, со скоростью 5–7 см/сек.

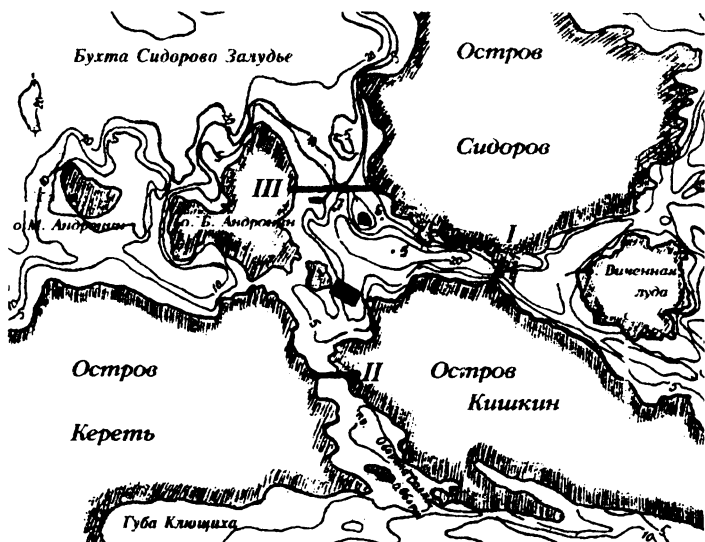


Рис. 1. Акватория Обориной Салмы. Арабскими пифрами отмечены точки проведения суточных и полусуточных станций; римскими – разрезы; местоположение самого миевого хозяйства в данной акватории обозначено прямоугольником.

На рис. 2 б представлена картина течений в фазе отлива, когда господствуют течения северных и восточных румбов. Как видно, существенную роль в водообмене в это время играет и южный пролив. В зоне мидиевого хозяйства преобладает северное приливное течение.

Результаты расчетов по модели достаточно хорошо согласуются с натурными наблюдениями.

Полученные для Обориной Салмы гармонические постоянные уровня (при использовании специально поставленных в 1993 г. мареографа и футштока) показывают, что колебания уровня здесь имеют выраженный полусуточный характер с незначительным вкладом мелководных волн. Величина прилива приблизительно 2 м в сизигию и 1.2 м в квадратуру.

Приливные течения, в отличие от приливных колебаний уровня, имеют более сложный характер. Их скорости достигают 50 см/сек. в проливах и узостях, однако в центре акватории не превышают 8–16 см/сек. Сравнение результатов на-

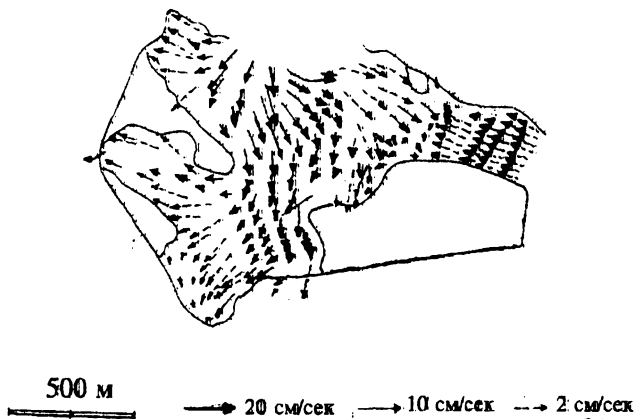


Рис. 2 а.

Результаты гидродинамического моделирования приливных течений в Обориной Салме. Стрелками показаны скорости приливных течений. На нижней части рисунка представлен участок акватории, занятый мидиевым хозяйством.

Стадия прилива

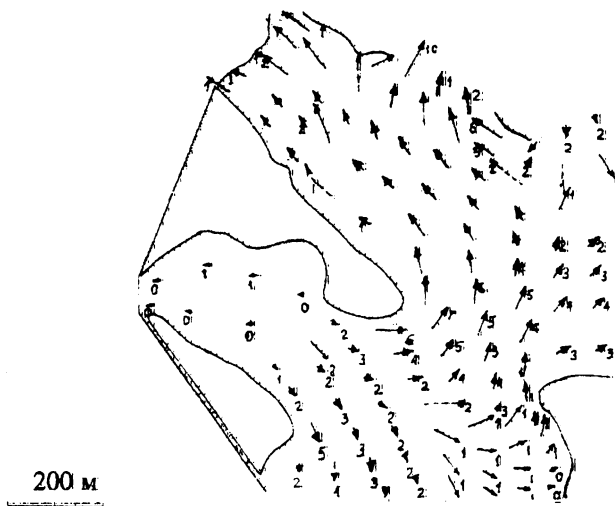
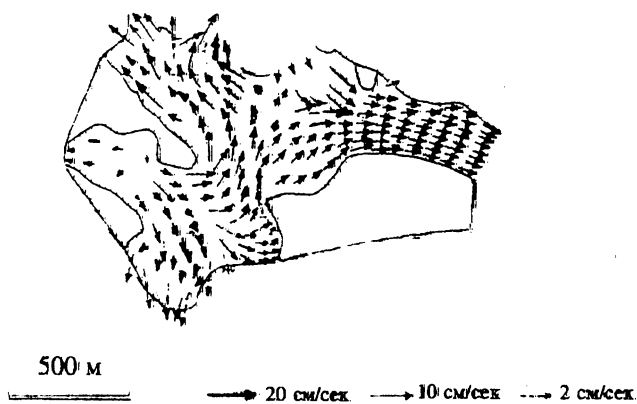


Рис. 2 б.

Результаты гидродинамического моделирования приливных течений в Обориной Салме. Стрелками показаны скорости приливных течений. На нижней части рисунка представлен участок акватории, занятый мидиевым хозяйством.

Стадия отлива.

блюдений скорости приливного течения и колебаний уровня, с привлечением данных гидрологического моделирования, говорит о преимущественно стоячем характере полусуточной и суточной волн.

Имеющиеся данные позволяют дать лишь ориентировочные оценки амплитуд скоростей течений в этих волнах в центре Обориной Салмы, в северном и восточном проливах. Для суточной волны они не превышают 4 см/сек., для полусуточной имеют порядок 5–10 см/сек. в проливах и 2–5 см/сек. на станции 5 (табл. 1).

Таблица 1

Средние амплитуды скорости горизонтальных течений приливных волн

Период, (час)	24	12	6	4	1–3
Амплитуда, (см/сек)	5	8	8	5	7

Расходы воды через проливы имеют выраженный приливный ход. В восточном проливе величина среднего расхода составляет 100 м³/сек., в северном – несколько превышает 200 м³/сек.

Несмотря на наличие выраженной полусуточной составляющей, наиболее существенную роль в динамике вод акватории играют мелководные волны – обертоны полусуточной приливной волны (их суммарные амплитуды обычно превышают 10 см/сек.). Они, как правило, имеют форму кноидальных волн (волны с периодом 4 и 6 час.) (рис. 3) или волновых пакетов (волны с периодом 1 и 3 час. (рис. 4).

Амплитуды обертонов зависят от астрономических условий и от фазы прилива. Так, максимальные значения амплитуд наблюдались в сизигию во время прилива (станция 5, 10.08.94). Во время отлива амплитуды обертонов были меньше (станция 5, 19.07.94). Наблюдавшийся минимум амплитуд на станции 5 (28.07.94) можно объяснить как квадратурой, так и концом отлива во время измерений. Можно предположить, что 4-х и 6-и часовые гармоники генерируются баротропной полусуточной приливной волной при входе в губу Чула и проникают в Оборину Салму через северный пролив. Происхождение гармоник с периодом меньшим 3-х

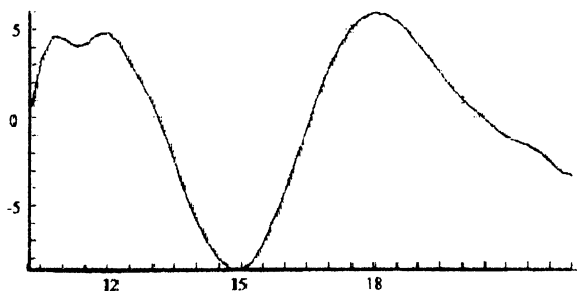


Рис. 3. Нелинейная 6-часовая гармоника. Наблюдения выполнены 29 июля 1992 г.
 По оси абсцисс – время, час.; по оси ординат – скорость приливного течения, см/сек.

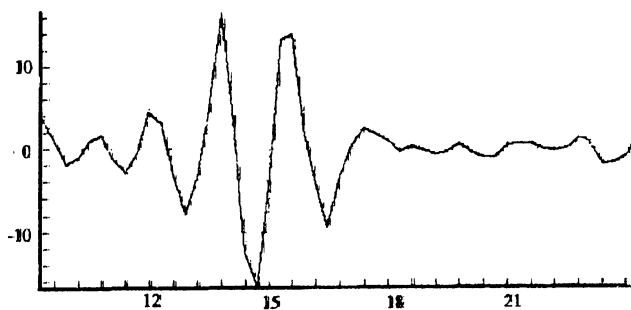


Рис. 4. Пакет внутренних волн с периодом 2 часа. Наблюдения выполнены 29 июля 1992 г.
 По оси абсцисс – время, час.; по оси ординат – скорость приливного течения, см/сек.

часов объяснить довольно трудно, однако соответствие временного хода амплитуд полусуточной волны и средних амплитуд короткопериодных 1–3 часовых волн позволяет предположить, что они тоже приливного происхождения. На станции 5 (19.07.94 и 28.07.94) наблюдались незначительные остаточные течения восточного направления, а 10.08.94 – южного направления. Можно полагать, что непериодические течения в Обориной Салме связаны как с остаточной приливной циркуляцией, так и с анемобарическими условиями.

Анализ данных по температуре и солености свидетельствует о вертикальной устойчивости водных масс в данной акватории в течение всего периода наблюдений. По горизонтали температура поверхностного слоя воды обычно увеличивается с востока на запад, достигая летом значений 14–15° С.

Соленость воды, наоборот, увеличивается с запада на восток с 22.7‰ до 23.8‰. Такой характер распределения связан, с одной стороны, с влиянием теплых, распресненных вод из кустовой части губы Чуца и более холодных соленых вод Кандалакшского залива – с другой. Во время отлива, в поверхностные слои акватории поступают теплые, опресненные воды, что и определяет здесь значительные градиенты как температуры, так и солености. Во время прилива, наоборот, наибольшие градиенты температуры и солености наблюдаются возле дна (в верхнем 15-ти метровом слое воды соленость меняется незначительно).

Таким образом, короткопериодная изменчивость термогалинного режима акватории тоже во многом определяется приливными течениями.

В колебаниях изотерм и изоликн четко прослеживаются уже выделенные ранее из рядов наблюдений за скоростью течения гармоника с периодом 6 и 1–3 часа, причем максимум амплитуд приурочен к глубине максимума частоты Вяйсаля-Брендта. Это свидетельствует о значительном, если не решающем, вкладе внутренних волн (амплитуда вертикальных смещений достигает 5–7 м (рис. 5) в динамику течений Обориной Салмы и ее водообмен со смежными акваториями.

Следует отметить, что значения основных гидрологических характеристик в Обориной Салме мало отличаются от таковых в районе мыса Картеш, где уже в течение нескольких десятков лет осуществляются ежеледальные комплексные наблюдения, в том числе и за гидрологическими параметрами. Это подтверждается неоднократными синхронными из-

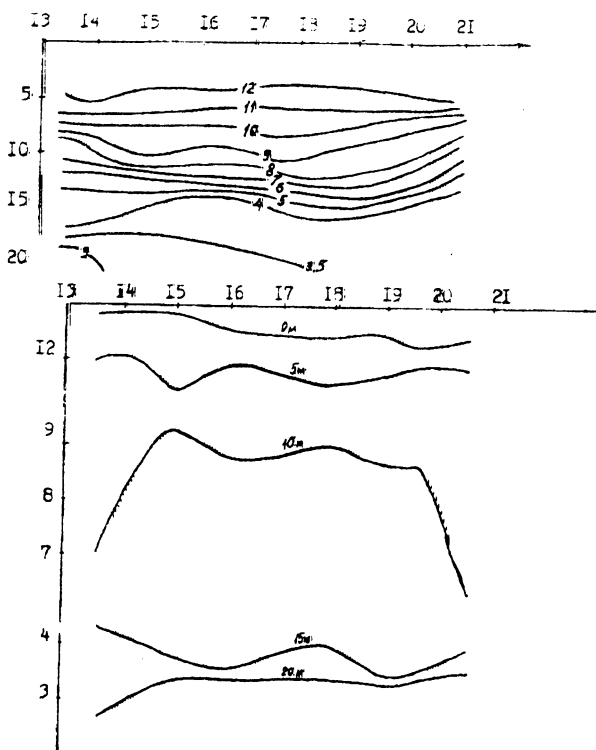


Рис. 5. Изохеты температуры (верхняя часть рисунка) и колебания температуры на разных горизонтах (нижняя часть рисунка). По оси абсцисс – время, час.; по оси ординат в верхней части рисунка – глубина, м; в нижней – температура, °С.

мерениями в данных местах температуры и солености вод. Таким образом, для суждения о характере годового хода и вертикальном распределении показателей температуры и солености в Обориной Салме можно экстраполировать данные многолетних измерений этих величин в районе мыса Картеш, приводимых в табл. 2 (Бабков, 1982).

Таблица 2.

Среднемесячные значения температуры и солёности воды на горизонтах 0 и 10 м в устьевой части губы Чупа.

Месяц	Температура, °С		Солёность, ‰	
	0 м	10 м	0 м	10 м
I	-0.9	-0.9	22.4	27.2
II	-0.8	-1.0	18.2	27.3
III	-0.8	-1.0	18.4	27.4
IV	-0.2	-0.9	14.6	27.2
V	3.1	0.3	16.8	26.6
VI	9.1	4.0	22.3	25.6
VII	13.2	8.8	23.4	25.2
VIII	13.8	11.2	24.2	25.4
IX	9.5	8.6	25.1	26.0
X	4.8	4.8	25.7	26.3
XI	1.8	2.1	26.2	26.7
XII	-0.3	-0.1	25.3	27.0

Исследования гидрохимического режима, выполненные параллельно с гидрологическими наблюдениями показали, что содержание кислорода в водах Обориной Салмы колебалось в пределах от 5.6 до 6.7 мл/л. В период настоящих наблюдений расход кислорода на деструкцию органического вещества преобладал над его образованием в результате фотосинтеза.

Отличия в вертикальном распределении кислорода в разные фазы прилива незначительны (рис. 6). Это связано, главным образом, с приливным перемешиванием, обеспечивающим достаточную аэрацию придонных вод.

В летний период концентрация всех биогенных элементов в акватории Обориной Салмы, как и в открытых районах Белого моря, понижена. Содержание фосфатов в пределах 1–5 мкг/л, нитратов 6–8 мкг/л, кремния – менее 300 мкг/л. Концентрация фосфора и кремния в поверхностном слое данной акватории несколько большая в западной и южной частях по сравнению с северо-восточной. Концентрация нитратов здесь больше, чем в смежных акваториях. Следует отметить, что концентрация фосфатов, нитратов и кремния возрастает с глубиной. Максимальные градиенты отмечаются

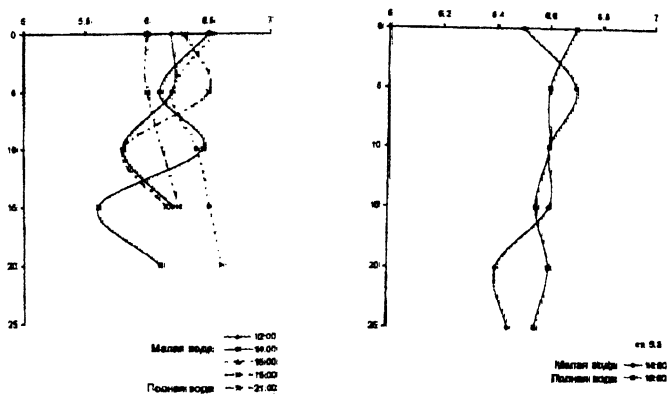


Рис. 6. Вертикальное распределение кислорода в различные фазы прилива.

По оси абсцисс – концентрация кислорода, мг/л; по оси ординат – глубина, м.

в слое 5–10 м и более резко выражены на периферии данной акватории (Рис. 7, 8).

Результаты гидрохимических исследований позволяют заключить, что концентрация биогенов в анализируемой акватории, в целом, не лимитирует развитие фитопланктона и не свидетельствует о наличии застойных явлений (Ляхин, Кулаковский, 1993).

В акватории губы Чупа скорость суточного биохимического потребления кислорода (БПК) изменяется от 0.02 до 0.43 мл O_2 /л/сут, что соответствует типичным значениям БПК для вод Белого моря (Сапожников, 1991). Исследования, выполненные в акваториях, занятых мидиевыми хозяйствами, свидетельствуют, что максимальные величины этого показателя обнаружены в непосредственной близости от массовых мидиевых поселений (Галкина, Кулаковский, 1993).

Сравнивая поселение мидий на промышленном хозяйстве в Обориной Салме с опытно-промышленным хозяйством у мыса Картеш, можно отметить, что первое хозяйство характеризуется более высоким темпом роста моллюсков (табл. 3). Так, средняя длина мидий возраста 2+ в конце августа 1990 г. в Обориной Салме составляла около 37 мм. Такого размера

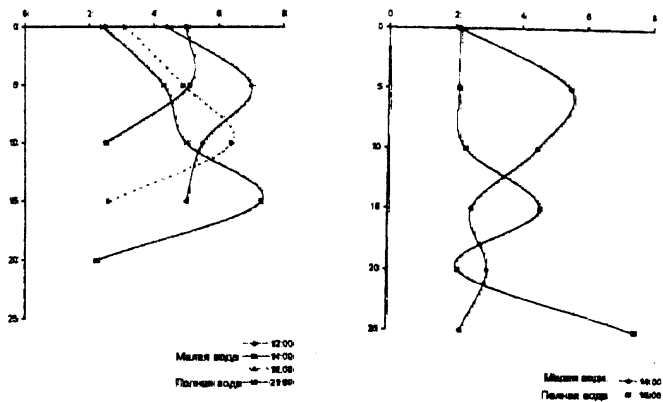


Рис. 7. Вертикальное распределение нитратов в различные фазы прилива.
 По оси абсцисс – концентрация нитратов, мкг/л; по оси ординат – глубина, м.

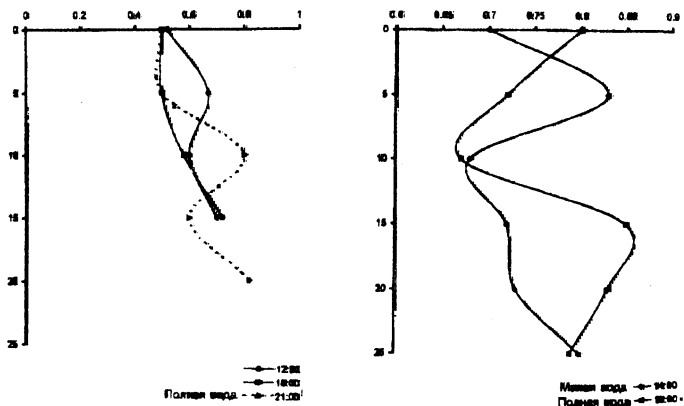


Рис. 8. Вертикальное распределение фосфатов в различные фазы прилива.
 По оси абсцисс – концентрация фосфатов, мкг/л; по оси ординат – глубина, м.

Таблица 3.

Характеристики мидий в разных местах их культивирования

Время, место	Возраст, годы	Средняя длина, мм	Плотность поселения, экз./м ²	Доля возрастов по плотности, %	Биомасса, г/м ²	Доля возрастов по биомассе, %
Оборина Салма Август 1990	1+	9.5±1.03	81±20	7.9	10±3	0.2
	2+	37.0±1.39	890±94	86.4	3710±334	87.1
	3+	47.0±1.35	58±7	5.7	540±69	12.7
Оборина Салма Сентябрь, 1991	0+	0.6±0.05	242±183	24.9	—	—
	1+	2.3±0.45	146±98	15.1	9±1	0.2
	2+	7.5±1.24	67±48	6.9	—	—
	3+	43.6±1.44	440±38	45.4	3416±234	78.5
Хозяйство у м. Кртеш Ноябрь 1985	0+	2.2±0.08	95±19	2.0	—	—
	1+	6.6±0.13	815±87	18.0	56±11	2.0
	2+	17.4±0.06	3490±227	79.0	3320±486	90.0
	3+	40.4±0.09	45±12	1.0	300±114	8.0
Хозяйство у м. Кртеш Октябрь, 1986	0+	1.6±0.06	95±37	3.0	—	—
	1+	3.6±0.37	85±24	3.0	0.7±0.2	—
	2+	12.9±0.57	115±33	4.0	50±16	0.5
	3+	29.0±0.11	2610±176	88.0	9470±962	93.5
	4+	46.0±0.99	60±90	2.0	595±105	6.0

особи основной генерации с хозяйства у мыса Кртеш достигли лишь к осени четвертого года культивирования. Следует особо отметить, что мидий на искусственных субстратах хозяйства в Оборинной Салме в несколько раз меньше, чем было у мыса Кртеш. Так, на втором году существования каждого из хозяйств, особой основной генерации на хозяйстве в Оборинной Салме меньше в 4, а годовиков — в 10 раз соответственно. Это обусловлено, по-видимому, тем, что в 1988 г., вследствие конкретных условий акватории Оборинной Салмы на фоне естественных ежегодных флуктуаций личиночного пула мидий в планктоне, на выставленные здесь субстраты осело меньшее количество молоди, чем имело место на хозяйстве у мыса Кртеш в 1983 г. Скорее всего, именно относительно низкая стартовая плотность моллюсков на субстратах и обусловила их высокую скорость роста в дальнейшем и столь значительные отличия от развития моллюсков на аналогичном хозяйстве возле мыса Кртеш.

Что касается самого мидиевого хозяйства в Оборинной Салме, то оно, учитывая опыт организации предыдущих, бы-

ло поставлено таким образом, что не представляло существенной физической помехи перемещениям вод в акватории. Вследствие этого развивающиеся на искусственных субстратах моллюски не испытывали недостатка в корме и, в то же время, кормовой ресурс всей этой акватории не был сколько-нибудь заметно подорван функционирующим хозяйством.

В отношении влияния продуктов жизнедеятельности культивируемых мидий, можно отметить, что скопления фекальных масс под установками не наблюдалось. Не наблюдалось также погибших моллюсков на грунте под хозяйством, поскольку средние глубины и характер грунта данной акватории позволяли осыпавшимся с субстратов моллюскам выживать в новом биотопе. Вследствие этого за все время функционирования хозяйства заморных явлений в донных биоценозах здесь не наблюдалось.

Нами на Белом море показано негативное влияние функционирующих мидиевых хозяйств на процесс оседания и рост молоди моллюсков последующих генераций (Кулаковский, Шамарин, 1989). Одним из важных практических для марикультуры выводов из этой работы является то, что вновь организуемое хозяйство необходимо размещать в таком месте, которое не будет подвержено влиянию вод, проходящих через уже функционирующее, ранее поставленное в данной же акватории, мидиевое хозяйство. В противном случае на новом хозяйстве мидий практически не будет, что, собственно, и произошло в свое время именно в акватории Оборина Салма.

Таким образом, это чрезвычайно важная сторона воздействия мидиевой марикультуры на экосистему, во многом определяющая перспективы самой марикультуры и это воздействие базируется, главным образом, на принципах общеорганизменной регуляторной химической коммуникации (Кулаковский, 1988).

Из вышесказанного очевидна исключительная важность изучения гидрологического режима при осуществлении работ по культивированию мидий. С током воды поступает необходимая для моллюсков пища, с током же воды уносятся и продукты их жизнедеятельности.

На основании полученных в настоящем исследовании данных можно представить общую картину водообмена акватории Оборина Салма. Площадь поперечного сечения основных проливов акватории составляет 3700 м². За полусуточ-

ный период через каждый квадратный метр проходит 1500 м³ воды. По последнему показателю данная акватория довольно сходна с результатами, полученными для акватории, где впоследствии и было размещено первое на Блом море опытно – промышленное мидиевое хозяйство (Бабков и др., 1993).

Зная морфометрические параметры акватории Оборина Салма и принимая в расчет максимальные расходы воды через проливы (разрезы I и III) в 100 и 200 м³/с соответственно, можно заключить, что весь объем воды данной акватории, то есть 10⁷ м³, сменится за 24 часа. Искусственных субстратов с мидиями на хозяйстве в Обориной Салме было в общей сложности 52 тыс. погонных метров.

Имея данные по водообмену, численности моллюсков на хозяйстве, количеству корма, рациону моллюсков, можно ориентировочно рассчитать нагрузку на акваторию (Сухотин, Кулаковский, 1990). Так, общее количество пищи, единовременно доступное для мидий данного хозяйства можно оценить по формуле:

$$X = VC,$$

где V – объем воды, занимаемой хозяйством, C – количество пищи в 1 м³.

Объем воды, занимаемый данным хозяйством (площадь которого принята здесь в 3 га водной поверхности, то есть немного больше – на 0.8 га, чем на самом деле, а искусственные субстраты занимают верхний 3-х метровый слой) составляет 270 000 м³ (300×300×3).

Объем такого же верхнего 3-х метрового слоя, но уже всей акватории Обориной салмы, в которой размещено данное хозяйство, составляет 3 420 000 м³.

Среднее содержание сестона, то есть взвешенных в воде частиц, используемых мидиями в качестве пищи, составляет, при выражении в энергетических единицах, около 3 ккал/м³. Суточный рацион мидий, находящихся на 1 погонном метре искусственного субстрата, в летнее время, составляет, в среднем, 50–60 ккал.

Таким образом, во всей акватории одновременно находится 30 млн. ккал доступного корма для моллюсков, а в 3-х метровом поверхностном слое воды всей акватории одновременно содержится более 10 млн. ккал пищи. Для всех мидий данного хозяйства для нормального роста необходимо в сутки потребить 3.1 млн. ккал. Учитывая, что весь объем воды акватории сменится раз в сутки, очевидно, что количество

пищи для мидий данного хозяйства не лимитировано, а размещение искусственных субстратов в данной акватории (учитывался опыт постановки первого хозяйства) не препятствовало движению потоков воды через хозяйство.

Все это, наряду с другими факторами, способствовало исключительно благоприятному развитию культивируемых моллюсков в акватории Оборина Салма.

Еще раз специально отметим, что именно данные по развитию мидий в этой акватории позволили заключить, что период выращивания моллюсков на Белом море, для достижения ими 50 мм длины, составляет 3 года, то есть на целый год меньше, чем было показано ранее для другой акватории губы Чула, в начальный период работ по марикультуре мидий (Кулаковский, Кунин, 1983).

Особенность океанологических исследований в связи с марикультурой заключается в подробном анализе основных составляющих водообмена, гидрологического режима вообще, для сравнительно небольших акваторий.

Для акватории, занятой мидиевыми хозяйствами необходимо иметь подробные данные не только по развитию мидиевого поселения на искусственных субстратах, не только данные о состоянии естественных биоценозов в данной и смежных акваториях, но и данные по скорости перемещения водных масс при прохождении ими хозяйства, о вертикальной стратификации, о ветровом и приливном перемешивании водных масс и многое другое, включая данные по ледоставу и вскрытию ледяного покрова, подвижки и перераспределения льдов в акватории.

Таким образом, марикультура – это, прежде всего, постоянные целенаправленные, разносторонние и комплексные океанологические исследования, объединяющие многих специалистов. Но этого одного для развития промышленной марикультуры недостаточно. Следует в очередной раз подчеркнуть один из главнейших принципов марикультуры – успешная работа в этой области невозможна без постоянной и совместной работы ученых и представителей промышленности.

- Бабков А. И.** *Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря* // Исслед. фауны морей, 1982. Т. 27 (35). С. 3–16.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.** *К вопросу о роли водообмена при организации и эксплуатации мидиевых хозяйств на Белом море* // Исслед. фауны морей, 1988. Т. 39 (47). С. 22–26.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А.** *Влияние гидрологических условий на развитие поселения культивируемых мидий в Белом море* // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1993 Т. 253. С. 24–41.
- Вольцингер Н. Е., Клеванный К. А., Пелиновский Е. Н.** *Длинноволновая динамика прибрежной зоны* // Л., 1989. 230 С.
- Галкина В. Н., Кулаковский Э. Е.** *Влияние мидиевых хозяйств на окружающую среду в Белом море. Бактериопланктон* // Тр. Зоол. инта РАН, 1993. Т. 253. 1993. С. 101–109.
- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Несветов В. А.** *Проблемы промышленной марикультуры мидий в Белом море* // Рыбное хозяйство. 1984. № 8. С. 37–39.
- Кулаковский Э. Е.** *Исследования по марикультуре мидий на Белом море* // Гидробиол. и ихтиол. исследования на Белом море. Л., Зоол. ин-т АН СССР, 1987. С. 64–76.
- Кулаковский Э. Е.** *Эволюционные аспекты явления нейросекреции* // Нервная система морских беспозвоночных. Л., изд-во Зоол. ин-т АН СССР, 1988. С. 15–23.
- Кулаковский Э. Е.** *Экосистемный подход к проблеме марикультуры мидий на Белом море* // Проблемы изуч., рац. использования и охраны природн. ресурсов Белого моря. Архангельск, 1990. С. 213–215.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л.** *Теоретические основы культивирования мидий в Белом море* // Л., «Наука». 1983. 36 с.
- Кулаковский Э. Е., Шамарин А. Ю.** *Особенности оседания и роста молоди мидий (*Mytilus edulis* L.) в условиях опытно-промышленного культивирования на Белом море* // Экологические исслед. беломорских организмов. Л., Зоол. ин-т АН СССР. 1989. С. 63–75.
- Кулаковский Э. Е., Байков Ю. А., Бичурина М. А., Миничев Ю. С., Тимофеев А. В.** *Использование продукции мидиевых хозяйств Белого моря* // Тр. Зоол. ин-т РАН, 1993. Т. 253. С. 135–140.
- Кулаковский Э. Е., Миничев Ю. С., Садыхова И. А.** *Итоги, проблемы и перспективы мидиевой марикультуры на Белом море* // Проблемы изучения, рац. использ. и охраны при-

родн. ресурсов Белого моря. СПб, Зоол. ин-т РАН, 1995. С. 23–25.

Ляхин Ю. И., Кулаковский Э. Е. *Гидрохимическая характеристика акваторий промышленных мидиевых хозяйств на Белом море* // Тр. Зоол. ин-та РАН, 1993. Т. 253. С. 3–15.

Сапожников В. В. *Отчет по теме «Экологические исследования Белого моря»* // М. 1991.

Сухотин А. А., Кулаковский Э. Е. *Подходы к оценке оптимальной нагрузки акватории при организации мидиевых хозяйств на Белом море* // Проблемы изуч., рац. исполъз. и охраны природн. ресурсов Белого моря. Архангельск, 1990. С. 225–226.

Резюме

Одним из основных условий выбора места постановки промышленных мидиевых хозяйств, а также надежным индикатором оптимального роста мидий является хороший водообмен в акватории. Комплекс океанологических исследований в летние сезоны 1992–1994 гг. включал измерения температуры воды на разных горизонтах; наблюдения за течениями; постановку автономных буйковых станций; наблюдения над уровнем моря и определение основных гидрохимических параметров (соленость, биогенные элементы, растворенный кислород). Динамика вод в Обориной Салме определяется, главным образом, приливными явлениями. Для исследования характера пространственной изменчивости скоростей приливных течений была построена двумерная приливная модель. Анализ данных наблюдений и результатов моделирования говорит о преимущественно стоячем характере доминирующей здесь полусуточной приливной волны. Существенную роль в динамике вод данной акватории играют обертоны полусуточной волны. Короткопериодная изменчивость термохалинного режима тоже во многом определяется приливными явлениями. Анализ колебаний изотерм во времени свидетельствует о значительном вкладе внутренних волн в динамику вод Обориной Салмы и ее водообмен со смежными акваториями. Согласно полученным данным весь объем воды в Обориной Салме меняется за 1–2 суток. Для мидий этого хозяйства количество пищи не было лимитировано, а размещение искусственных субстратов в данной акватории не препятствовало движению потоков воды через хозяйство. Все это, наряду с другими факторами, способствовало исключительно благоприятному развитию культивируемых здесь моллюсков.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ АЛЕКСЕЯ ИВАНОВИЧА БАБКОВА

- Бабков А. И.** *Волны открытого моря* // Климатический и гидрологический справочник Японского моря. Т. II. 1958. Гидрометеиздат. С. 8.
- Бабков А. И.** *Волны* // Гидромет. справочник по Японскому морю. Гидрометеиздат. Ред. Батолин. 1958.
- Бабков А. И.** *Некоторые особенности отражательной способности поверхности моря* // Использование аэрометодов при исследовании природных ресурсов. 1961.
- Бабков А. И.** *Использование аэрометодов при исследовании природных ресурсов. Некоторые особенности отражательной способности (альbedo) поверхности моря* // Изд. АН СССР. 1961.
- Бабков А. И.** *О карте природных зон океана* // Океанология. 1962 Т. 2. Вып. 3. С. 562–563.
- Бабков А. И.** *Опыт изучения с самолета распределения поверхностно-активных пленок на Черном море* // Вопросы дешифрования и фотограмметрической обработки аэроснимков. 1963.
- Бабков А. И.** *Конвергенции в море с географической точки зрения и возможности их изучения при помощи аэрометодов* // Известия Всесоюзного географического общества. 1964. № 4.
- Бабков А. И.** *Методы изучения морских течений с самолета. Глава III: Аэровизуальные наблюдения поверхности моря* // Наука. 1964.
- Бабков А. И.** *Цунами* // Гидрометеиздат. Ред. Кошечкин. 1964. 51 с.
- Бабков А. И.** *О причинах возникновения сглаженных полос и пятен на поверхности* // Океанология. 1965. Т. 5. Вып. 2. С. 322–324.
- Бабков А. И.** *Methods for Studying Ocean Currents by Aerial Surve. Chapter III: Aerivisual Observations of the Sea Surface* // Israel Programm for Scientific Translation, Ierusalem. 1967.

- Бабков А. И.** *Взаимосвязь явлений в зонах гидрологических фронтов // Фотограмметрическая обработка и дешифровка аэроснимков.* 1967.
- Бабков А. И.** *Возможности использования спутниковых данных для районирования Мирового океана // Материалы V съезда ВГО.* 1970.
- Бабков А. И.** *Определение характеристики гор из турбулентного обмена в море по данным аэрофотосъемки // Проблемы физики атмосферы.* 1971. №9.
- Бабков А. И.** *Use Space TV-images to locate Hydrospherical Fronts // Seventh. Int. Symp. on Remote Sensing.* 1971.
- Бабков А. И.** *Авианаблюдения морских гидрологических фронтов // Тез. докл. к конф. по проблеме взаимодействия атмосферы и океана в Атлантике.*
- Бабков А. И.** *Опыт измерительного дешифрования внутренних волн на плановых аэрофотоснимках // Аэрофотосъемка – метод изучения природной среды.* 1973.
- Бабков А. И., Прыгункова Р. В.** *Аномалии сезонного развития зоопланктона и гидрологических условий в губе Чуна Белого моря // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана. Л., 1974. С. 99–100.*
- Айнбунд М. М., Бабков А. И., Егорихин Е. Д.** *Результаты изучения поверхностных течений в селенгинском районе оз. Байкал с помощью авиации // Тр. ГТИ.* 1975. В. 205. С. 66–82.
- Бабков А. И., Соколов Б. И., Фукс В. Г.** *Опыт использования спутников ТВ-изображений облачности для исследований фронтальных зон Тихого океана // Учен. записки ЛГУ.* 1975. № 379. В. 24. С. 82–100.
- Бабков А. И.** *Изменчивость гидрологического режима губы Чуна Белого моря // Морфология, систематика и эволюция животных.* 1978. С. 44.
- Голиков А. Н., Аверинцев В. Г., Бабков А. И., Кунцевич З. В., Люлеев В. И., Матвеева Т. А., Меньшуткина Т. В., Новиков О. К., Петряшов В. В., Потин В. В., Смирнов И. С., Федяков В. В., Шошина Е. В.** *Изменение количественных показателей в составе и структуре донных биоценозов некоторых бухт губы Чуна Белого моря // Морфология, систематика и эволюция животных.* 1978. С. 54.

- Сиренко Б. И., Кунин Б. Л., Ошурков В. В., Катаева Т. К., Бабков А. И., Голиков А. Н., Хлебович В. В., Кулаковский Э. Е. *Сукцессии биоценозов обрастателей на искусственном субстрате в Белом море // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов.* 1978. С. 10–13.
- Бабков А. И. *Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры.* 1982. Вып. 27 (35). С. 3–17.
- Бабков А. И., Прыгункова Р. В. *Структура температурного поля и распределение зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря в связи с особенностями динамики вод // Повышение продуктивности и рациональное использование биологических ресурсов Белого моря.* 1982. Исслед. фауны морей, 1982. С. 28–29.
- Голиков А. Н., Аверинцев В. Г., Бабков А. И., Меньшуткина Т. В., Федяков В. В., Шошина Е. В. *Биоценозы губы Палкина Белого моря // Исследования фауны морей.* 1982. Т. 29 (37). С. 3–11.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Львова Т. Г., Саранчева О. Л., Бабков А. И. *Аквакультура мидий на Белом море // Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря.* 1983. С. 56–62.
- Бабков А. И., Голиков А. Н. *Гидробиокомплексы Белого моря.* Л. 1984. 102 с.
- Бабков А. И. *Гидрологическая характеристика Онежского залива Белого моря // Исследование фауны морей.* 1985. Т. 33 (41). С. 3–10.8.
- Бабков А. И. *О принципах выделения гидрологических сезонов (на примере губы Чупа Белого моря) // Исследование фауны морей.* 1985. Т. 31 (39). С. 84–88.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. *Гидрологический режим некоторых районов губы Чупа Белого моря в связи с их использованием для марикультуры мидий // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море.* Л., 1985. С. 4–8.
- Бабков А. И., Луканин В. В. *Весенние изменения солености и температуры поверхностных слоев Белого моря и их влияние на распределение организмов // Биоценозы губы Чупа*

- Белого моря. Исследование фауны морей. Л. 1985. Т. 31 (39). С. 94–98.
- Бабков А. И., Прыгункова Р. В.** Структура температурного поля и распределение зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря в связи с особенностями динамики вод // Биоценозы губы Чупа Белого моря. Исследование фауны морей АН СССР. Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985. Т. 31 (39). С. 89–93.
- Голиков А. Н., Бабков А. И.** Особенности вертикального распределения литоральных экосистем на примере Белого моря // Океанология. 1985. Т. 25. В. 3. С. 519–523.
- Голиков А. Н., Бабков А. И.** Сравнительно-экологический анализ биоценозов Бассейна и Онежского залива Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. 1985. С. 99–100.
- Голиков А. Н., Бабков А. И., Голиков А. А., Новиков О. К., Шереметевский А. М.** Экосистемы Онежского залива и сопредельных участков Бассейна Белого моря // Исследование фауны морей. 1985. Т. 33 (41). С. 20–37.
- Наумов А. Д., Бабков А. И., Луканин В. В., Федяков В. В.** Гидрологическая и биоценотическая характеристика Мезенского залива Белого моря // Экологические исследования донных организмов Белого моря. 1986. С. 64–90.
- Наумов А. Д., Бабков А. И., Федяков В. В.** Биоценозы губы Колвица Кандалакшского залива Белого моря // Экологические исследования донных организмов Белого моря. 1986. С. 91–122.
- Бабков А. И.** Океанологические исследования на Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР // Гидробиологические и ихтиологические исследования на Белом море. 1987. 23–29 с.
- Бабков А. И., Прыгункова Р. В., Кутчева И. П.** Гидрологические особенности некоторых районов юго-восточной части Кандалакшского залива и их влияние на структуру зоопланктона // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. 1987. С. 123–126.
- Бабков А. И.** Краткая гидрологическая характеристика района Сонострова Белого моря // Исследования фауны морей. 1988. Вып. 39 (47). С. 4–8.

- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.** *Изучение водообмена при организации мидиевого хозяйства* // III Всес. Конф. по морской биологии. 1988. Киев. С. 22–26.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.** *К вопросу о роли водообмена при организации и эксплуатации мидиевых хозяйств на Белом море* // Исследование фауны морей. 1988. Вып. 39 (47), С. 22–26.
- Прыгункова Р. В., Бабков А. И., Кутчева И. П.** *Сравнительная характеристика распределения зоопланктона и гидрологические условия на акватории Сонострова и в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря* // Исследования фауны морей. 1988. Вып. 39 (47). С. 50–64
- Раилкин А. И., Бесядовский А. Р., Амфилохийев В. Б., Бабков А. И.** *Влияние течений на краевой эффект перифитонных диатомовых водорослей* // Вестн. ЛГУ. 1988. Сер. 3. Вып. 3. № 17. С. 28–36.
- Бабков А. И.** *Учет характеристики водообмена при организации и функционирования мидиевого хозяйства* // Научно-технические проблемы марикультуры в стране. Владивосток. 1989. С. 70–71.
- Бабков А. И., Буряков В. Ю.** *Некоторые особенности гидрологии на акватории губы Чупа (Белое море) в 1988 г.* // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Тез. докл. IV регион. конф. Архангельск (сентябрь). 1990. С. 70–71.
- Бабков А. И., Голиков А. Н., Прыгункова Р. В.** *К вопросу о структуре и распределении экосистем Белого моря в зависимости от геоморфологии и гидрологии его участков* // Труды ЗИН. 1989. Т. 203. С. 4–13.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.** *Роль водообмена при культивировании мидии в Белом море* // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. Тез. докл. IV регион. конф. Архангельск. 1990. С. 197–199.
- Раилкин А. И., Бабков А. И.** *Стандартизация биологических испытаний* // Вестн. ЛГУ. 1990. Сер. 3. Вып. 3 (17). С. 19–28.
- Бабков А. И.** *Типизация губ Белого моря. // Популяции, биоценозы, фауна. Тр. Зоол. Ин-та АН СССР. Л. 1991. Т. 233. С. 5–12.*

- Голиков А. Н., Бабков А. И., Голиков А. А.** *Донное население банки Геральд в Чукотском море* // *Оксанология*. 1991. Т. 31. Вып. 4. С. 628–630.
- Буряков В. Ю., Бабков А. И.** *Многолетняя динамика численности зоопланктона и гидрологический режим в устьевой части губы Чупа Белого моря* // *Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря*. Петрозаводск. 1992. С. 107–108.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А.** *Влияние гидрологических условий на развитие поселений культивируемых мидий в Белом море* // *Труды Зоол. ин-та РАН*. 1993. Т. 252. С. 16–23.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.** *Межгодовая изменчивость температуры воды Чупинской губы Кандалакшского залива* // *Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря*. СПб, 1995. С. 40–41.
- Бергер В. Я., Бабков А. И.** *Зависимость обилия и разнообразия морского бентоса от солености среды* // *Биология моря*. 1995. Т. 21. № 1. С. 45–50.
- Бабков А. И., Галкина В. Н., Ляхин Ю. И., Кулаковский Э. Е., Фукс В. Р.** *Океанологические исследования акваторий размещения промышленных мидиевых хозяйств на Белом море* // *Изучение опыта промышленного выращивания мидий в Белом море*. СПбГУ, 1998. 30 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Алексей Иванович Бабков.....	5
Гидрологические характеристики основных районов Белого моря	8
Гидрологическая характеристика губы Чула Белого моря.....	50
Изучение водообмена акваторий размещения промышленных мишневых хозяйств на Белом море	68
Список научных трудов Алексея Ивановича Бабкова	87

Алексей Иванович Бабков
Гидрология Белого моря

Редактор В. Я. Бергер
Технический редактор А. Д. Наумов

Сдано в печать 00.00.1997. Формат 60×90 ¹/₁₆. Гарнитура «Таймс».
Объем 5 п. л. Тираж 70 экз.