

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА, ТОМ 233  
Выпускаются с 1932 г.

**БЕНТОС БЕЛОГО МОРЯ  
ПОПУЛЯЦИИ, БИОЦЕНОЗЫ, ФАУНА**

Под редакцией А. Д. Наумова и В. В. Федякова

ЛЕНИНГРАД  
1991

УДК 551.48(268.42)

**А. Д. Наумов, В. В. Федяков**

Зоологический институт АН СССР

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БЕЛОГО МОРЯ**

На основе литературных данных и собственных наблюдений рассматриваются особенности течений и распределение термохалинных характеристик Воронки и Горла Белого моря. Обсуждается вопрос о гидрологической и биологической границе этого водоема.

Не вызывает сомнений, что гидрологический режим Северной части Белого моря определяется взаимодействием поступающих сюда баренцевоморских вод с водами беломорского стока. Отличительной чертой этого района можно считать значительный градиент солености, как в направлении с юга на север, так и с востока на запад; при этом вертикальная стратификация выражена весьма слабо. Различия в солености вдоль Терского берега, с одной стороны, и Зимнего, а также Канинского — с другой, послужили основой для построения известной схемы течений, описанной Тимоновым (1925). Эта схема, будучи совершенно верной в общих чертах, все-таки довольно груба и поэтому не объясняет целого ряда гидрологических и биологических особенностей Северной части Белого моря. Так, например, остается непонятным, почему фауна моллюсков западной части Воронки, Мезенского залива и Горла оказывается весьма однородной, несмотря на то, что в пределах этих акваторий присутствуют как баренцевоморские, так и беломорские воды. В то же время этим участкам резко противопоставлена восточная часть Воронки, подверженная влиянию тех же вод, что и Мезенский залив (Федяков, 1986). Детализации указанной схемы и посвящена наша статья.

### **Материал и методика**

Для уточнения схемы Тимонова мы воспользовались многочисленными данными наблюдений различных ученых (Дерюгин, 1923, 1928; Тимонов, 1925, 1929, 1947, 1950; Бабков, Голиков, 1984), материалами гидрологических серий 1961—1968 гг. Северного управления гидрометслужбы, а также сведениями, получен-

ными в ходе различных экспедиций Беломорской биостанции Зоологического института АН СССР при участии авторов. Всего было проанализировано около 500 гидрологических серий, взятых в различные сезоны года. Такое обилие материала вызвало необходимость его статистической обработки, поэтому в тех случаях, когда мы говорим о солености и температуре, если это не оговаривается особо, мы оперируем средними величинами, ошибки которых на рисунках обозначены отрезками, параллельными соответствующим осям.

Расчет скорости течений проводился по данным Северного управления гидрометслужбы для 30 точек Северной части Белого моря. Следует иметь в виду, что как скорость, так и направление переноса воды в каждом конкретном месте определяется в первую очередь фазой приливного цикла. Чаще всего во время прилива струи воды направлены в сторону Бассейна, а в отлив наблюдается обратная картина. За 6 ч одной фазы цикла частица может переместиться не более, чем на 40—50 км. За последующие 6 ч она вернется почти на старое место. Следовательно, фактическое расстояние, преодолеваемое частицей воды за полный цикл, значительно меньше протяженности Северной части Белого моря, и именно поэтому приливо-отливные движения не могут в полной мере обеспечить водообмен Бассейна. Таким образом, при изучении течений, определяющих гидрологическую структуру Белого моря, необходимо анализировать результирующую переноса воды за несколько приливо-отливных циклов. В дальнейшем, говоря о постоянных течениях, мы будем иметь в виду эти результирующие.

Определение состава вод велось посредством решения систем балансных уравнений, учитывающих равенство количества солей (тепла), поступающих в ту или иную акваторию и выходящих из нее.

## Результаты

Составленная нами схема постоянных течений\* представлена на рис. 1. В южную часть Горла из Двинского залива входит мощный поток опресненных вод, прижимающийся к Зимнему берегу. Скорость течения здесь составляет около 20 см/с. В дальнейшем течение Тимонова поворачивает к востоку возле м. Воронова и через Моржовецкую салму проникает в Мезенский залив. В куту этого залива течение Тимонова усиливается стоком Мезени и его скорость на глубине 2—3 м достигает 50 см/с. В районе м. Конушина течение распадается, по крайней мере, на три струи. Одна из них вовлекается в круговорот, охватывающий Мезенский залив. Вторая пересекает Воронку с востока на запад, осолоняясь по пути. Часть вод этой струи отклоняется к югу, определяя пониженную

---

\* Употребляемые в литературе названия течений Горла (Баренцевоморское питающее и Беломорское сточное) представляются нам неудачными по целому ряду причин. Во-первых, оба течения находятся в пределах Белого, а не Баренцева моря, во-вторых, они создают впечатление, что Белое море представляет собой проточный водоем, лишенный своих гидрологических особенностей. Наконец, термин «сточное» более уместен при описании загрязнений антропогенного происхождения (это не относится к слову «сток»), поэтому мы предлагаем первое из этих течений называть именем К. М. Дерюгина, а второе — В. В. Тимонова — естественных испытателей, внесших существенный вклад в изучение гидрологии Белого моря.

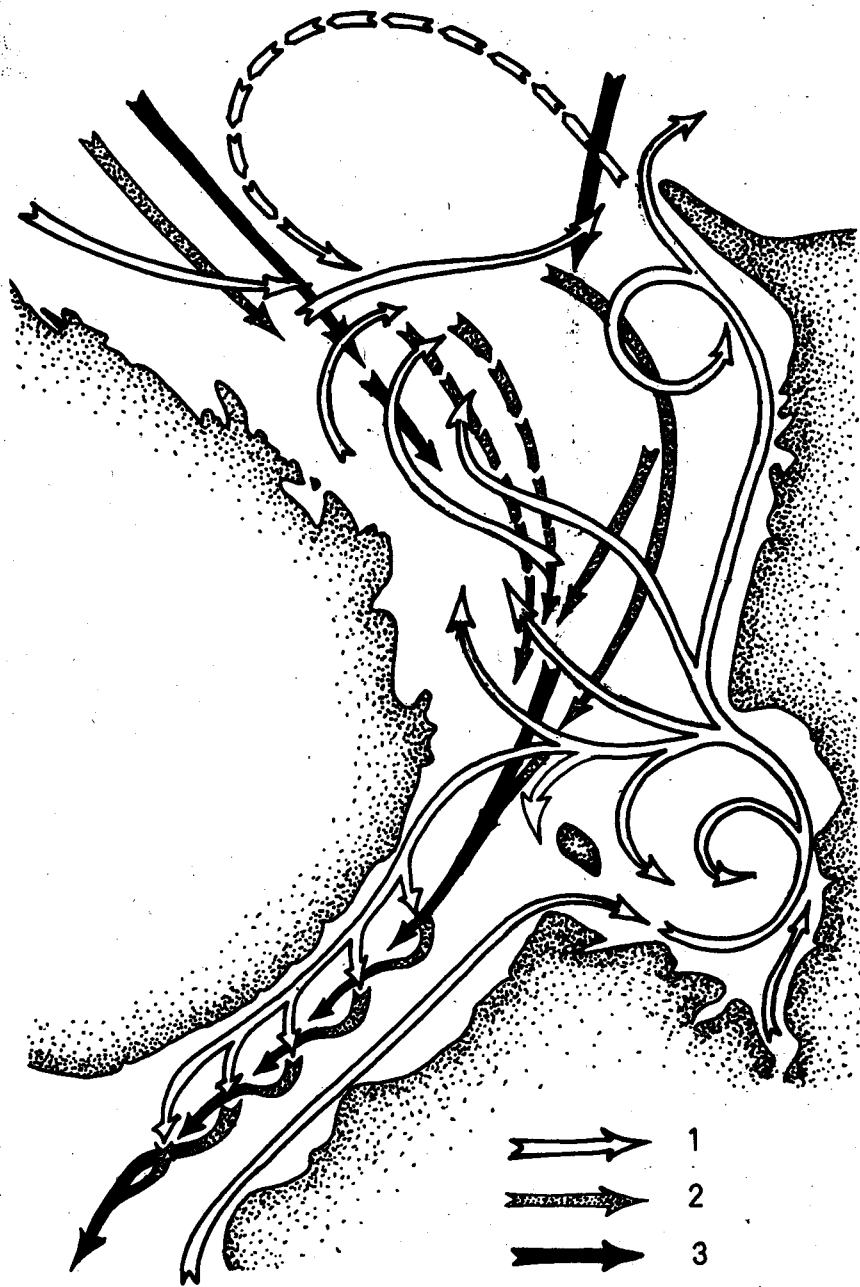


Рис. 1. Схема постоянных течений в северной части Белого моря:  
 1 — на глубинах 0—10 м, 2 — на глубинах 10—50 м, 3 — на глубинах более 50 м

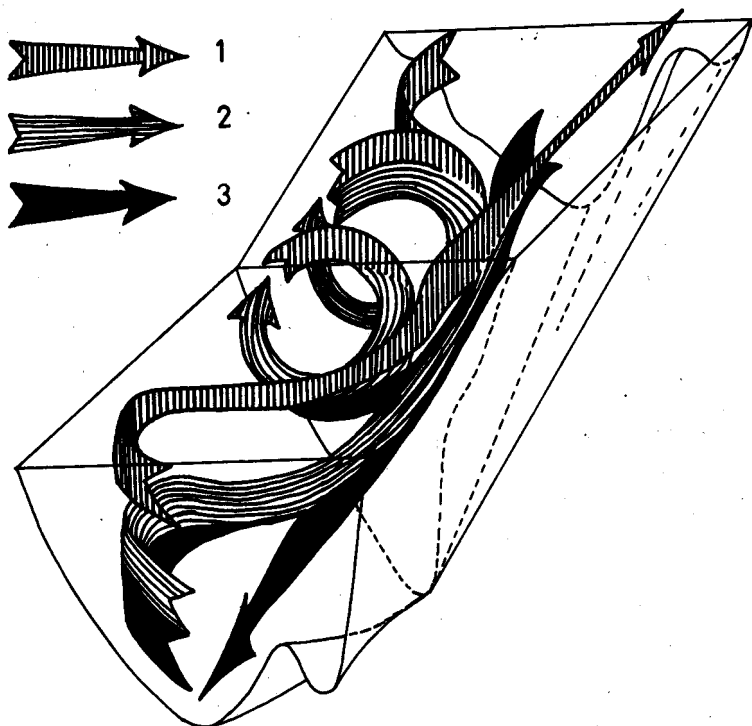


Рис. 2. Схема постоянных течений Горла Белого моря  
Обозначения как на рис. 1

соленость на границе Горла и Воронки к северо-западу от Моржовца. Другая часть вод этой струи направляется на север и в районе Святого Носа сталкивается с течением из Баренцева моря. Третья, наиболее мощная струя продолжает свое движение вдоль восточного берега Воронки по направлению к Канину Носу. Часть ее вод, благодаря своеобразному рельефу дна, образованному песчаными кошками, отклоняется к западу, либо пересекая Воронку, либо формируя небольшие круговороты. Достигнув Канина Носа, основная струя течения Тимонова, вероятно, разбивается на два потока, один из которых направляется на восток, а второй — на северо-запад. Не исключено, что последний подхватывается течением, идущим из Баренцева моря с северо-запада. На всем своем протяжении течение Тимонова охватывает поверхностные слои вод на глубинах до 10—15 м.

Судя по имеющимся в нашем распоряжении данным, полносоленые воды Баренцева моря, проникающие в Воронку, имеют двойное происхождение. Одни из них, двигаясь вдоль побережья Мурманска с северо-запада, где захватывают всю толщу воды, на траверзе Святого Носа начинают постепенно погружаться

под опресненные воды струй течения Тимонова. Другие проникают в Воронку с северо-востока вблизи Канина Носа на глубинах более 50 м. Как будет показано ниже, эти воды не принимают участия в формировании течения Дерюгина. Последнее на своем пути постоянно принимает в себя струи, отклоняющиеся от течения Тимонова. Особенно сильное перемешивание вод названных течений происходит в южной части Воронки, где на весьма небольшом расстоянии соленость входящего в Белое море потока падает с 34 до 30‰.

Южнее Сосновца характер движения частиц в пределах течения Дерюгина становится весьма своеобразным. На поверхности у северо-западного побережья результирующая приливно-отливных течений направлена на юго-восток, т. е. поперек Горла. Подходя к течению Тимонова, воды, текущие по поверхности, опускаются и начинают двигаться на запад, все более и более отклоняясь к югу. Лишь глубинная часть течения Дерюгина все время строго направлена вдоль оси Горла (рис. 2). Подобная же картина наблюдается, по-видимому, и у Канинского берега.

Предложенная схема течений находится в хорошем соответствии с распределением термогалинных характеристик (рис. 3, 4). Так, на гидрологических разрезах, составленных по данным, полученным в июле 1961 г., в северной части Воронки отчетливо прослеживаются три типа вод: высокосоленные (более 34‰) и относительно теплые (3—6°C) воды, поступающие с северо-запада; высокосоленные (33—34‰) и холодные (0—2°C) воды, проникающие с северо-востока; распресненные (менее 32‰) и теплые (более 5°C) воды течения Тимонова. Первые занимают всю толщу вод в западной части разреза, ядро вторых располагается в котловине его восточной части; наконец, воды течения Тимонова прижимаются к Канинскому берегу. В средней части Воронки входящий поток занимает западную часть разреза и имеет температуру 3—4°C и соленость 33—34‰. Воды течения Тимонова разделены здесь на две струи. Их температура более 6°C, соленость — менее 30‰.

В северной части Горла течение Дерюгина занимает всю центральную и западную части разреза. Его соленость здесь колеблется от 28 до 30‰, а температура — от 4 до 6°C. Течение Тимонова (соленость 26—27‰, температура 5—7°C) прижимается к Зимнему берегу. Интересная картина наблюдается в центральной и южной частях Горла. Соленость вод течения Дерюгина остается здесь на прежнем уровне, а температура снижается до 3°C. Что же касается течения Тимонова, то соленость его ниже, а температура — выше, чем в северной части Горла. Эти показатели составляют соответственно у м. Зимнегорского 23—25‰ и 12—14°C, а на траверзе Инцов — 26—27‰ и 6°C.

Таким образом, видно, что на этом участке течение Дерюгина не изменяет свою соленость, а течение Тимонова заметно осолоняется, и оба они в значительной степени остывают. Очевидно,

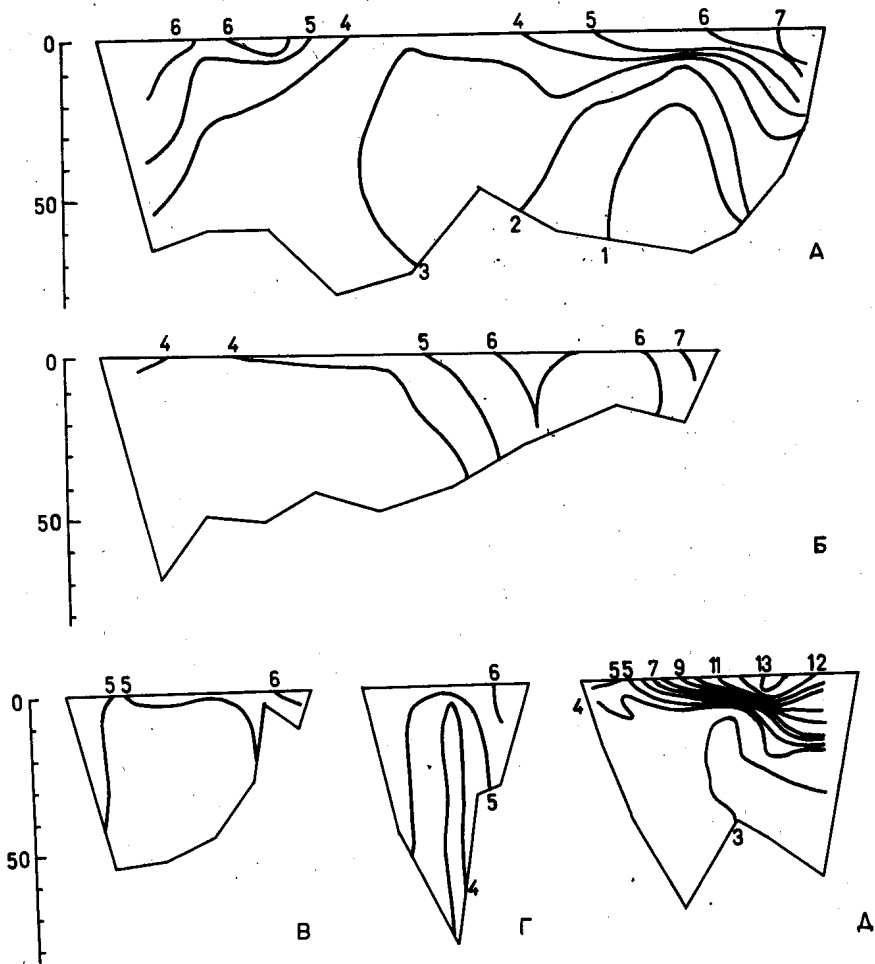


Рис. 3. Изотермы ( $^{\circ}\text{C}$ ) воды в северной части Белого моря:  
 А — разрез Святой Нос — Каний Нос, Б — м. Городецкий — р. Шойна, В — м. Данилова — м. Воронов,  
 Г — р. Пулозьга — д. Инцы, Д — м. Никодимский — м. Вепревский. По оси ординат — глубина, м

что такие изменения температуры и солености можно объяснить лишь в том случае, если в процессе смешения участвует еще один тип вод с низкими температурами и соленостью, близкой к таковой течения Дерюгина. Необходимыми характеристиками обладают подповерхностные слои прилежащих к Горлу частей Бассейна и Двинского залива. Именно они в виде вытянутого к поверхности холодного языка прослеживаются на разрезе через южную часть Горла (вполне возможно, что восходящие потоки этих вод формируют описанный Дерюгиным полюс холода на траверсе м. Зимнегорского.) Поднимаясь к поверхности, эти воды разделяют потоки основных течений и в некоторой степени препятствуют их непосред-

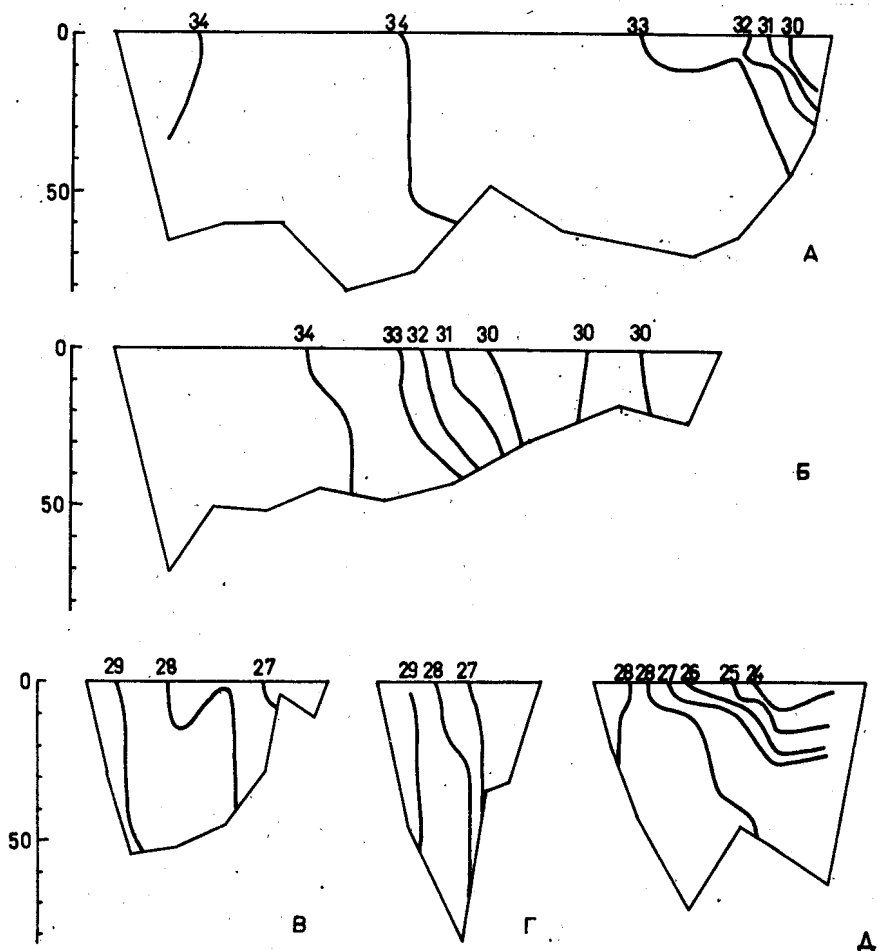


Рис. 4. Изогалины ( $^{\circ}/_{00}$ ) воды в северной части Белого моря  
Обозначения как на рис. 3

ственному взаимодействию. Струи течения Дерюгина, двигаясь по поверхности поперек Горла, наталкиваются на холодную прослойку и, остывая, погружаются, почти не смешиваясь с опресненным течением Тимонова. Последнее, в свою очередь, двигаясь параллельно подповерхностным беломорским водам, постоянно контактируют с ними, осолоняясь и остывая за их счет. Интенсивность взаимодействия холодных струй с обоими основными разнонаправленными потоками такова, что они полностью растворяются в течениях Дерюгина и Тимонова, и в северной части Горла проследить их уже не удастся.

Очевидно, что области наиболее интенсивного перемешивания должны характеризоваться высокими значениями градиентов тем-

Градиенты температур ( $^{\circ}\text{C}/1000 \text{ км}$ ) и соленостей ( $\text{‰}/1000 \text{ км}$ ) течений Тимонова (А) и Дерюгина (Б)

Участок	Градиент	
	температуры	солености
А		
М. Вепревский — Инцы	$-42.7 \pm 33.1$	$57.7 \pm 17.6$
Инцы — м. Воронов	$0.7 \pm 3.2$	$8.5 \pm 3.6$
М. Воронов — м. Конушин	$28.9 \pm 6.9$	$-12.7 \pm 5.9$
М. Конушин — устье р. Шойны	$-22.5 \pm 7.8$	$32.5 \pm 4.7$
Устье р. Шойны — Канин Нос	$-10.3 \pm 3.2$	$14.6 \pm 10.4$
Б		
Святой Нос — м. Городецкий	$6.9 \pm 7.8$	$-3.8 \pm 1.3$
М. Городецкий — Терский Орлов	$12.0 \pm 3.0$	$-36.0 \pm 2.6$
Терский Орлов — м. Данилов	$13.0 \pm 3.3$	$-35.3 \pm 2.9$
М. Данилов — Пулоньга	$3.8 \pm 4.3$	$-15.9 \pm 3.8$
Пулоньга — м. Никодимский	$-25.4 \pm 10.7$	$-5.8 \pm 5.6$

пературы и (или) солености. Судя по нашим данным, такими районами для течения Тимонова оказываются участки между м. Вепревским и пос. Инцы, Мезенский залив, а также акватория между м. Конушиным и устьем р. Шойны (табл. 1). Что же касается течения Дерюгина, то наибольшие градиенты наблюдаются на участках м. Городецкий — м. Данилов и устье р. Пулоньги — м. Никодимский (табл. 1).

Необходимо помнить, что градиенты температур существуют только летом (рис. 5). Напротив, изменения величины градиентов солености в разные сезоны года на нашем материале статистически недостоверны (рис. 6).

Составленные нами балансные уравнения позволили рассчитать процентный состав вод течений на 6 разрезах (табл. 2). Принимая во внимание расчеты годовых расходов течений на разрезе Пулоньга — Инцы, проведенные Тимоновым (1950), можно перейти к объемному составу вод на всем протяжении Северной части Белого моря (табл. 3). Из приведенных данных видно, что, во-первых, воды, поступающие в Воронку с северо-востока, не участвуют в формировании течения Дерюгина; во-вторых, около 90% подсашиваемых в Горло подповерхностных беломорских вод возвращается обратно с течением Дерюгина, еще не доходя до разреза Пулоньга — Инцы; в-третьих, наибольшее количество поверхностных беломорских вод вливается в течение Дерюгина на юге Воронки, причем около 40% их первоначального объема возвращается в Бассейн. Течение Тимонова, с другой стороны, наибольшее количество баренцевоморских вод принимает в себя на участке м. Конушин — устье р. Шойна.

Как видно, общий объем собственно беломорских вод, ежегодно выносимых в Баренцево море течением Тимонова, составляет

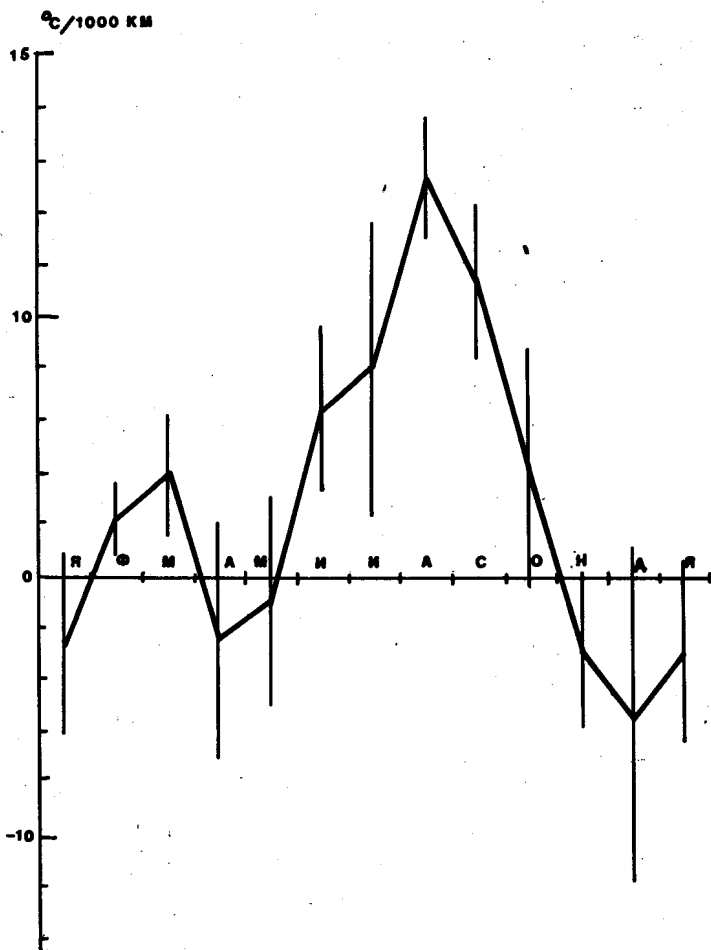


Рис. 5. Сезонная динамика градиента температур на поверхности воды на участке м. Терский Орлов — о. Сосновец  
По оси абсцисс — месяцы года

приблизительно  $450-600 \text{ км}^3$ . В то же время с течением Дерюгина в Белое море поступает  $220-390 \text{ км}^3$  баренцевоморских вод. Таким образом, разница в  $220 \text{ км}^3$ , приходящаяся на пресный сток, практически совпадает с величиной, рассчитанной Тимоновым (1950).

В заключение рассмотрим вопрос о гидрологических границах Белого моря. Хотя эта проблема неоднократно обсуждалась в литературе, общепринятого мнения на сей счет до сих пор еще нет. Как известно, географическая граница Белого моря проходит по линии, соединяющей мысы Святой Нос и Канин Нос, однако

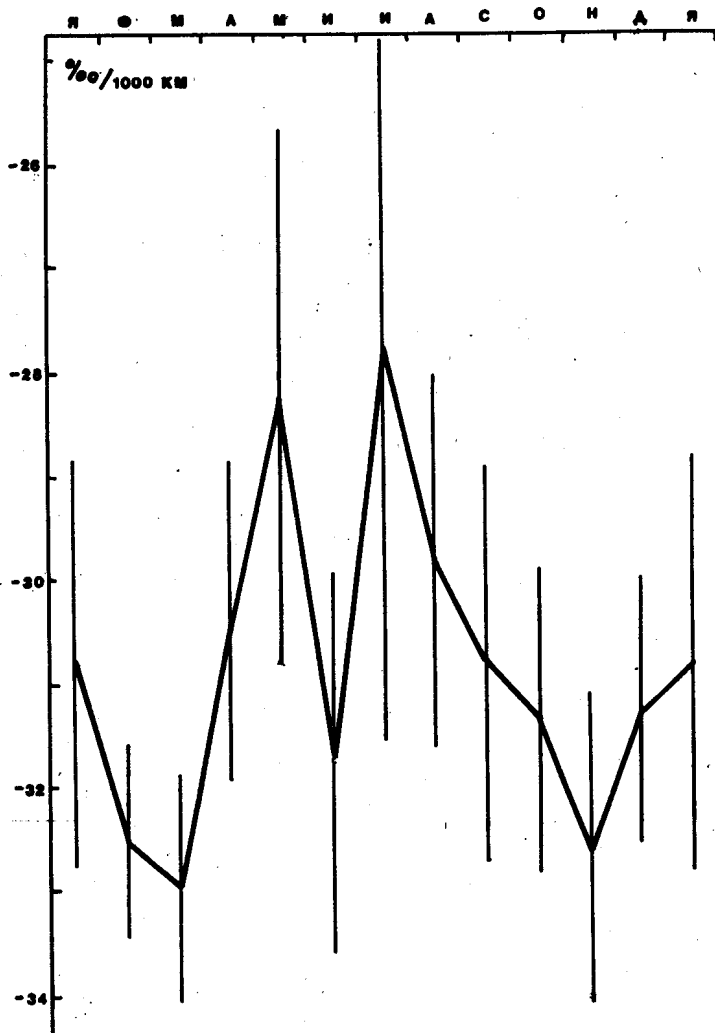


Рис. 6. Сезонная динамика градиента солености на поверхности воды на участке м. Терский Орлов — о. Сосновец  
Обозначения как на рис. 5

первый же биолог — академик И. И. Лепехин, посетивший русский север в 60-х гг. XVIII в., отметил несоответствие биологических границ географическим и ограничил Белое море северной частью Горла (Тимонов, 1950). К такому же выводу относительно гидрологических границ пришел и Тимонов (1950). Существуют и другие мнения.

Очевидно, что при наличии реальных границ в их области должны наблюдаться максимумы градиентов температур и соленостей вдоль осей входящих и выходящих течений. Как уже отме-

Таблица 2

## Состав вод (%) течения Тимонова (А) и Дерюгина (Б)

Район	Воды				Мезенские
	Баренцевоморские		Беломорские		
	сев.-зап.	сев.-вос.	поверх.	подпов.	
А					
М. Вепревский	—	—	100	—	—
Инцы	23	—	65	12	++
М. Воронов	33	—	56	10	1
М. Конушин	33	—	54	10	3
Шойна	60	—	32	6	2
Канин Нос	57	16	22	4	1
Б					
Святой Нос	100	+	—	—	—
М. Городецкий	88	—	10	2	++
Терский Орлов	64	—	29	5	1
М. Данилов	49	—	42	8	1
Пулоньга	37	—	42	20	1
М. Никодимский	14	—	17	69	++

Таблица 3

Расход вод различного происхождения (км<sup>3</sup>/год) течений Тимонова (А) и Дерюгина (Б)

Район	Воды				Мезенские
	Баренцевоморские		Беломорские		
	сев.-зап.	сев.-вос.	поверх.	подпов.	
А					
М. Вепревский	—	—	620—760	—	—
Инцы	340—360	—	960—1050	180—310	1—2
М. Воронов	485—650	—	650—920	195—265	2—20
М. Конушин	260—380	—	380—465	115—140	25—35
Шойна	735—890	—	475	90—140	30—40
Канин Нос	910—1115	35—255	350—460	95—140	15—20
Б					
Святой Нос	1120—1505	—	—	—	—
М. Городецкий	1105—1125	—	25—125	10—25	1—2
Терский Орлов	590	—	265	45	9
М. Данилов	865—880	—	455—740	130—140	1—15
Пулоньга	740—900	—	720—840	380—400	2—20
М. Никодимский	220—390	—	270—315	1090—1145	1—2

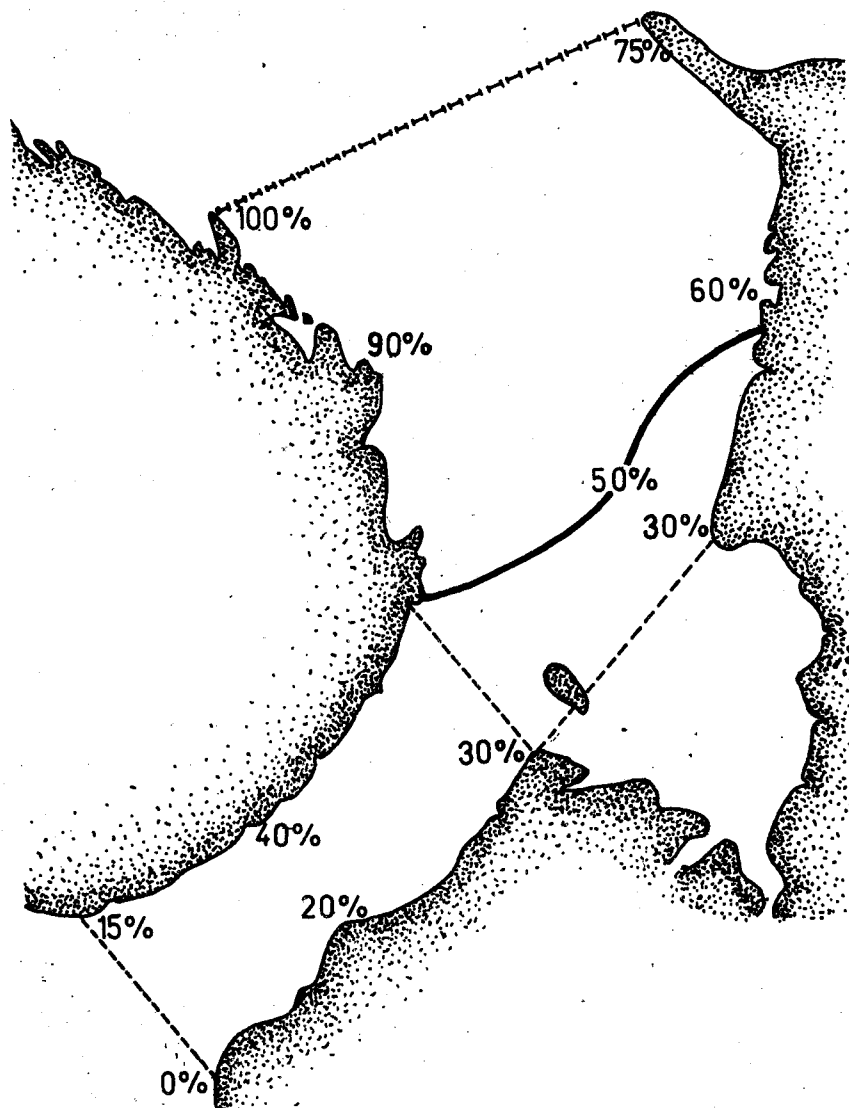
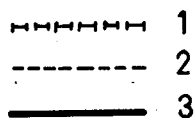


Рис. 7. Схема границ, проходящих в северной части Белого моря:  
 1 — географическая граница между Белым и Баренцевым морями; 2 — географические границы между отдельными районами Белого моря; 3 — гидрологическая граница между Белым и Баренцевым морями.  
 Цифрами отмечена доля вод баренцево-морского происхождения

чалось, области высоких градиентов вдоль оси течения Тимонова расположены в южной части Горла и на участке м. Конушин — устье р. Шойны. Вдоль оси течения Дерюгина — в южных частях Воронки и Горла, причем в последнем из указанных районов градиент возникает только в летний период. Что касается градиентов, наблюдаемых в юго-восточной части Горла, то они обусловлены смешением поверхностных и подповерхностных вод беломорского происхождения. По-видимому, такое явление характерно для стратифицированных водоемов в тех случаях, когда течения проходят над резким свалом глубин. Таким образом, граница на юге Горла скорее всего имеет такой же статус, как и границы между желобом Белого моря и его мелководными заливами. Более значима граница, проходящая между юго-западным берегом Воронки и серединой ее восточного берега, обусловленная смешением вод баренцевоморского и беломорского происхождения, присутствующих здесь в равных количествах (рис. 7).

И, наконец, несколько слов о границах биологических. Бабков и Голиков (1984) утверждают, что ни Воронка, ни Мезенский залив не должны включаться в состав Белого моря, однако исследования Беломорской биостанции ЗИН АН СССР, проведенные в Мезенском заливе уже после написания указанной работы, показали, что фауна этой акватории представляет собой несколько обедненную фауну Горла. Здесь не встречено ни одного вида, отсутствующего во внутренних частях моря (Арронет и др., 1985; Наумов и др., 1986). Что же касается Воронки, то в составе фауны ее западной части присутствует немало видов, характерных для Баренцева моря и не обнаруженных в Белом (см. например, «Моллюски Белого моря», 1987). Заметим, что ареал этих видов, как правило, ограничен траверзом мыса Терский Орлов. Сходство же западной части Воронки и Горла (Федяков, 1986) обусловлено близостью биогеографического состава населения этих районов.

В восточной части Воронки виды, отсутствующие в Белом море, не обнаружены, а своеобразие этого района вызвано, по-видимому, влиянием описанного выше языка холодных вод, препятствующего процветанию бореальных форм (Федяков, 1986). Таким образом, как и следовало ожидать, биологическая граница Белого моря вполне соответствует границе океанографической.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Арронет Н. И., Бергер В. Я., Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. Донные биоценозы Мезенского залива Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря. — Архангельск, 1985. С. 80—81.
- Бабков А. И., Голиков А. Н. Гидробиокомплексы Белого моря. — Л., 1984. 103 с.
- Дерюгин К. М. К гидрологии Белого моря // Зап. по гидрографии, 1923. Т. 47. С. 37—80.

- Дерюгин К. М.* Фауна Белого моря и условия ее существования // Исслед. морей СССР, 1928. Вып. 7—8. С. 1—511.
- Моллюски Белого моря* // Определители по фауне СССР, издаваемые ЗИН АН СССР, 1987. Вып. 151. 324 с.
- Наумов А. Д., Бабков А. И., Луканин В. В., Федяков В. В.* Гидрологическая и биоценогическая характеристика Мезенского залива Белого моря // Экологические исследования донных организмов Белого моря.— Л., 1986. С. 64—90.
- Тимонов В. В.* К вопросу о гидрологическом режиме Горла Белого моря // Исслед. русских морей, 1925. Вып. 1. С. 1—57.
- Тимонов В. В.* О водообмене Белого и Баренцева морей // Тр. ин-та по изучению Севера, 1929. Т. 40. Вып. 1. С. 269—298.
- Тимонов В. В.* Схема общей циркуляции вод Бассейна Белого моря и происхождение его глубинных вод // Тр. Гос. океаногр. ин-та, 1947. Вып. 1 (13). С. 118—131.
- Тимонов В. В.* Главные особенности гидрологического режима Белого моря // Памяти Ю. М. Шокальского. М.—Л., 1950. Ч. 2. С. 206—235.
- Федяков В. В.* Закономерности распределения моллюсков Белого моря.— Л., 1986. 126 с.

#### Summary

A. D. Naumov, V. V. Fedyakov

#### PECULIARITIES OF HYDROLOGICAL CONDITIONS OF THE NORTH PART OF THE WHITE SEA

Some features of streams and *T*, *S* fields in the north-east part of the White sea based on own and literature data are discussed. The attempt to establish hydrological and biological boards is made.