

ГИДРОБИОЛОГИЯ, ИХТИОЛОГИЯ

УДК 551.464.32, 551.464.38

*И.М.Примаков, А.И.Раилкин***ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМЫ
ПРОЛИВА ПОДПАХТА**

В настоящее время внимание многих специалистов направлено на изучение структурно-функциональных характеристик водных сообществ в комплексе с гидрологическими и гидрохимическими условиями. Изучение химического состава воды должно являться неотъемлемой частью любого гидробиологического исследования, так как без его учета невозможно достаточно глубокое проникновение в суть жизненных процессов, протекающих в окружающей среде. Природа характеризуется взаимосвязанностью всех своих проявлений, и достаточно полное познание всего изучаемого явления или объекта возможно только при комплексном рассмотрении физических, химических и биологических процессов.

В августе 2005 г. (8.08.05) была проведена суточная съемка в пр. Подпахта в местах расположения двух опытных установок для изучения биообращения. Точки пробоотбора (рис. 1) располагались на расстоянии приблизительно 50 м друг от друга и были разделены небольшим островком: ст. № 1 ($\varphi = 66^{\circ}17.72'$ с.ш.; $\lambda = 33^{\circ}36.90'$ в.д.) располагалась восточнее островка, ближе к о-ву Малый Горелый (глубина 2,5-4 м); ст. № 2 ($\varphi = 66^{\circ}17.72'$ с.ш.; $\lambda = 33^{\circ}36.78'$ в.д.) находилась западнее, недалеко от входа в бухту Лебяжья (глубина 4-6 м). Дискретность наблюдений по времени была привязана к приливно-отливному циклу и составляла около 3 ч.

Материалы и методы исследования. Температура воды определялась по показаниям глубоководных термометров типа ТГ, укрепленных в гильзах рамы морского опрокидывающегося батометра БМ-48, которым осуществлялся отбор воды. Пробы воды на станции № 1 отбирались с придонного, а на станции № 2 - с придонного и поверхностного горизонтов. Кроме показаний температуры и солености, в пробах воды определялось содержание растворенного кислорода, аммонийного азота и таких биогенных элементов, как кремний, фосфаты и нитриты.

Электропроводность воды измерялась на электросолемере ГМ-65М, затем по «Международным океанологическим таблицам» (1969) рассчитывалась соленость. Гидрохимический анализ проводился на спектрофотометре СФ-16 по методикам, описанным в «Методах гидрохимических исследований океана» (1978). Абсолютное содержание растворенного кислорода (мл/л) определялось по модифицированному методу Винклера, а относительное содержание рассчитывалось по таблицам растворимости кислорода в морской воде в зависимости от ее температуры и солености [6].

За время исследования были проведены 23 измерения температуры, собрана 21 проба на соленость и биогенные элементы и 14 проб на кислород. Обработка материала осуществлялась

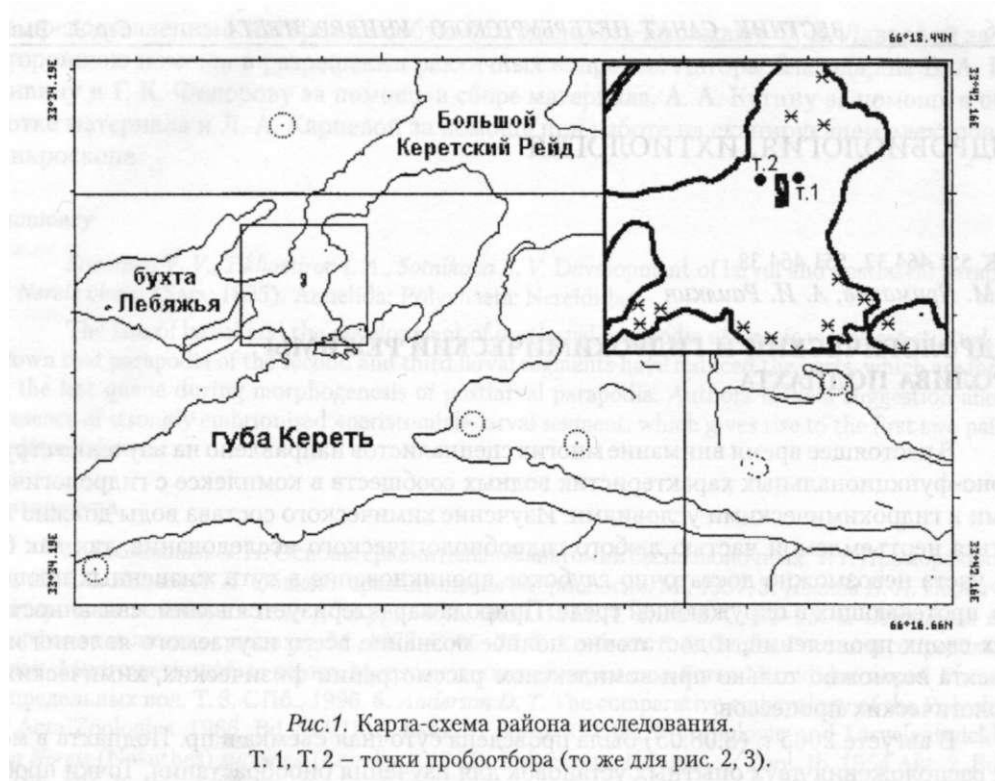


Рис.1. Карта-схема района исследования.
Т. 1, Т. 2 – точки пробоотбора (то же для рис. 2, 3).

на Беломорской Биологической станции имени академика О. А. Скарлато Зоологического института РАН (мыс Картеш).

Результаты исследования. *Гидрологический и гидрохимический режимы Керетской губы.* Если рассматривать Керетскую губу как эстуарий р. Кереть, то пролив Подпахта, наряду с проливами Средняя и Узкая Салма, может быть рассмотрен в качестве одного из рукавов этого эстуария. В связи с этим представляется целесообразным дать характеристику гидрологического режима данной акватории. Максимальная глубина Керетской губы составляет 35 м. Мелководный порог (6 м) частично отделяет исследуемую акваторию от устьевой части губы Чупа. Северо-западный берег очень круто уходит на глубину уже на расстоянии 10-20 м от уреза воды. Дно юго-восточного берега имеет близкий к горизонтальному профиль со средними глубинами 5 м, продолжающийся вплоть до резкого свала глубин.

Приливная волна имеет правильный полусуточный ритм. Уровень прилива колеблется от 1,4 м в квадратуру до 2,6 м в сизигий. При таких условиях в проливах формируются довольно сильные приливные течения, которые сложным образом взаимодействуют с поверхностным стоком пресных вод. Влияние речного стока сказывается в уменьшении скорости приливного поверхностного течения в проливах на горизонте 1 м по сравнению с горизонтом 5 м и в образовании резких фронтов, вытянутых, как правило, с севера на юг под углом к оси пр. Средняя Салма.

Вертикальное распределение солености формируется под влиянием циркуляции эстуарного типа, который характеризуется выносом пресных вод у поверхности и компенсационным подтоком морских вод у дна. Значения солености воды в поверхностном

слое изменяются как в разные фазы прилива, так и в зависимости от силы ветрового перемешивания. В слое поверхностного термоклина наблюдается максимальный градиент солености 6‰/м. Промежуточный перемешанный слой в диапазоне глубин от 3 до 14-16 м имеет соленость в пределах от 22,9 до 25,7 ‰ с плавным градиентом 0,4 ‰/м.

Наблюдения за течениями показали, что полусуточная изменчивость, явно доминирующая в колебаниях уровня, проявляется не столь четко в направлениях и скоростях течений. Большой амплитудой обладают мелководные 4-часовые волны - обертоны полусуточной волны. По глубине наиболее четко они проявляются на горизонте 5 м, а по пространству - у порога, соединяющего пр. Средняя Салма с устьевой частью губы Чупа. Значительная изменчивость амплитуд этих волн во времени, а также с глубиной говорит о том, что это, скорее всего, внутренние приливные волны, генерируемые у порога на входе в акваторию. В связи с наличием обертонов полусуточной приливной волны, а также высокодинамичных мелкомасштабных приливных фронтов, зафиксированных на различных глубинах, максимум абсолютных значений и вертикальных градиентов скорости течения на станциях наблюдения имеют место в различные фазы приливного цикла [1,3].

Данные по гидрохимическому составу воды в р. Кереть, Керетской губе и устьевой части губы Чупа (станция Д-1) приведены в табл. 1.

Таблица 1. Гидрохимический состав поверхностного слоя воды в районе исследования в первой декаде августа

Акватория	Температура, °С	Соленость, ‰	Фосфаты, мг/л	Кремний, мг/л	Общая жесткость, мг-экв/л	Перманганатная окисляемость, мгО/л	рН	Источник
Р. Кереть	21,1	0,0	0,29	42,86	0,17	6,8	6,30	[2]
Керетская губа	16,9	16,8	0,22	15,28	-	-	-	[7]
Д-1	15,6	25,9	0,27	7,85	1,86	2,20	7,96	[7, 8]

Из таблицы видно, что поверхностные воды Керетской губы представляют собой трансформированные воды р.Кереть и губы Чупа.

На основании данных по вертикальному распределению термогалинных характеристик в водной толще Керетской губы в летнее время можно выделить три слоя [7].

1. Поверхностный слой от 0 до 2 м с высокими значениями температуры (около 17°С) и низкими значениями солености (7‰). Этот слой образуется летом за счет стока р. Кереть.

2. Промежуточный слой от 2 до 15 м с невысокими значениями температуры (12 °С) и высокими значениями солености (24‰). Возникает в результате смешения поверхностного и придонного слоя в пр. Средняя Салма.

3. Придонный слой от 15 м и глубже характеризуется низкими значениями температуры (2 °С) и достаточно высокой соленостью (26‰). Этот слой образуется в осенне-

зимний период при поступлении вод из Кандалакшского залива и практически не прогревается на протяжении всего лета.

Суточная динамика гидролого-гидрохимического режима в проливе Подпахта. Отличительной особенностью гидрологического режима пр. Подпахта является отделенность этой акватории от Керетской и Чупинской губ мелководными порогами, препятствующими проникновению в пролив глубинных вод. Приливы в Подпахте обусловлены входящей приливной волной и морфометрическими особенностями. Преобладающая роль в формировании приливов принадлежит полусуточным волнам. Величины приливов составляют приблизительно 1,5 м в квадратуру и 2,0 м в сизигий. Анализ изменений направлений течений показал, что во время прилива заход воды осуществляется как со стороны Большого Керетского рейда (БКР), так и со стороны Керетской губы. В периоды смены вод происходит перемешивание, а в фазу отлива скатывание воды осуществляется в обратных направлениях. Таким образом, основная масса воды перемещается перпендикулярно поперечному сечению пролива. При этом более холодные, соленые и хорошо аэрированные воды поступают со стороны БКР, а со стороны Керетской губы идут более теплые распресненные воды. Данные, полученные во время суточной съемки, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Гидрологические и гидрохимические параметры среды в проливе Подпахта 8.08.05

Параметр	№ станции	Время						
		2:08	4:33	6:57	10:33	14:08	16:34	19:01
Фаза воды		Малая вода	Прилив	Полная вода	Отлив	Малая вода	Прилив	Полная вода
Уровень, м		0,5	1,3	1,8	1,2	0,6	1,0	1,9
Температура, °С	1	15,3	15,0	15,4	15,5	15,8	15,9	16,2
	2	14,9	14,7	15,1	15,1	15,4	15,4	15,8
Соленость, ‰	1	22,1	18,0	22,2	22,2	21,9	22,2	22,0
	2	22,6	22,9	22,2	19,7	20,9	21,2	16,4
NO ₂ ⁻ , мкмоль/л	1	0,017	0,008	0,015	0,006	0,009	0,007	0,009
	2	0,007	0,009	0,007	0,008	0,008	0,009	0,023
NH ₄ ⁺ , мкмоль/л	1	0,42	0,37	0,39	0,48	0,39	0,34	0,41
	2	0,39	0,42	0,39	0,34	0,34	0,39	0,39
Si, мкмоль/л	1	37,91	46,08	41,16	23,14	19,00	13,49	18,22
	2	24,37	27,67	29,59	50,12	34,07	15,26	57,36
PO ₄ ³⁻ , мкмоль/л	1	0,39	0,96	1,62	1,39	0,71	0,79	0,94
	2	0,97	0,45	0,61	0,52	1,42	0,71	0,31
O ₂ , мл/л	2	5,98	5,91	5,95	6,03	5,97	5,97	5,38
O ₂ , %	2	97,0	95,9	96,8	96,6	96,8	97,0	85,8

Наиболее полно о границах и перемещениях различных водных масс и особенно вод, обогащенных речным стоком, можно судить по данным о солености и содержании кремния. Поскольку в речных водах концентрация кремния значительно выше, чем в морских, изменения в содержании кремния позволяют судить об изменениях в режиме вод эстуариев и заливов с положительным пресным балансом. Действительно, по данным наших наблюдений, изменения солености и концентрации кремния носили синусоидальный характер с 6-часовым циклом, но находились в противофазе (рис. 2). Коэффициент корреляции между соленостью и концентрацией кремния на станции № 1 составил -0,58, а на станции № 2 достигал -0,82.

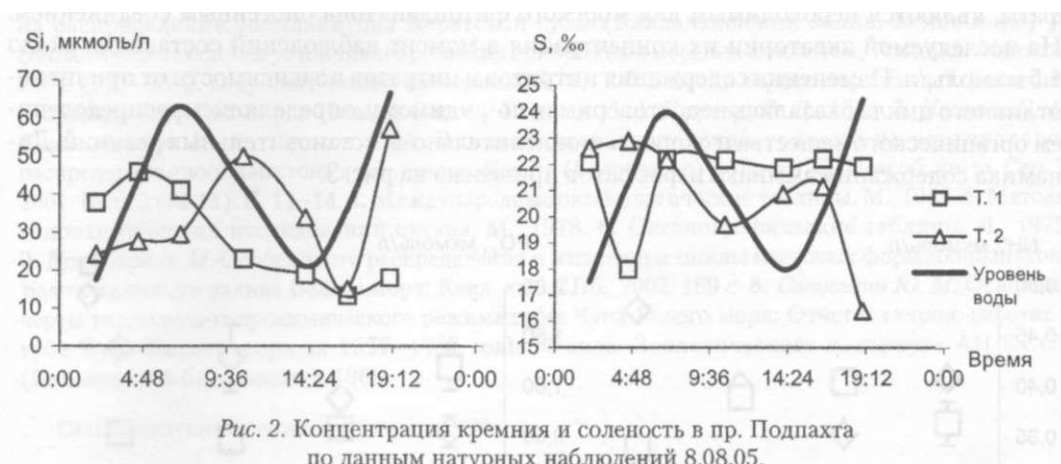


Рис. 2. Концентрация кремния и соленость в пр. Подпахта по данным натурных наблюдений 8.08.05.

Судя по полученным данным, особенности водообмена в проливе Подпахта можно представить в следующем виде:

1) первый прилив (4:33): поступление опресненных вод на станцию № 1 с р. Кереть ([Si] = 46,08 мкмоль/л; S = 18,0‰) и на станцию № 2 с Большого Керетского рейда ([Si] = 27,67 мкмоль/л; S = 22,9‰);

2) полная вода (6:57) - перемешивание ([Si] = 35,37±5,79 мкмоль/л; S = 22,2±0,0‰);

3) отлив (10:33): через станцию № 2 идут распресненные воды из бухты Лебяжья ([Si] = 50,12 мкмоль/л; S = 19,7‰);

4) второй прилив (16:34): при нагонном северо-восточном ветре происходит поступление соленых вод на станции № 1 и 2 с БКР ([Si] = 14,38±0,89 мкмоль/л; S = 21,7±0,5‰);

5) полная вода (19:01) - заток пресных вод на станцию № 2 с р. Кереть ([Si] = 57,36 мкмоль/л; S = 16,4‰).

Таким образом, в безветренную погоду, в фазу прилива станция № 1 наиболее подвержена влиянию вод, поступающих из Керетской губы, а станция № 2 - с Большого Керетского рейда. В зависимости от направления ветра эта картина может меняться: при ветрах восточных и северо-восточных направлений создается нагон более соленых вод с БКР, которые подпирают воды, поступающие через южный пролив из Керетской губы. Также можно предположить, что при южном ветре в проливе Подпахта преобладают опресненные воды из Керетской губы. В фазы полной или малой воды, когда течения минимальны, происходит перемешивание и трансформация поступившей в пролив

воды. При отливе в пролив Подпахта поступают воды из бухты Лебяжья, оказывающие наибольшее влияние на прилегающую к ней станцию № 2.

Различия в гидрохимическом режиме на станциях № 1 и 2 могут быть прослежены и по изменению концентрации биогенных элементов, таких как аммонийный азот, нитриты, нитраты и фосфаты. Аммонийный азот в морской воде является как первичным продуктом обмена веществ, так и последней стадией полной минерализации органических остатков. Он потребляется фитопланктоном в процессе фотосинтеза, при этом водоросли затрачивают меньшую энергию по сравнению с ассимиляцией нитратов. В результате окисления солей аммония образуются нитриты, концентрация которых обычно невелика и в проливе Подпахта составляла около 0,01 мкмоль/л. Нитраты, как и фосфаты, являются необходимым для морского фитопланктона биогенным соединением. На исследуемой акватории их концентрация в момент наблюдений составляла около 1,5 мкмоль/л. Изменения содержания нитритов и нитратов в зависимости от приливно-отливного цикла оказались недостоверны и, по-видимому, определялись распределением органического вещества и скоростью окислительно-восстановительных реакций. Динамика содержания аммиака и фосфатов приведена на рис. 3.

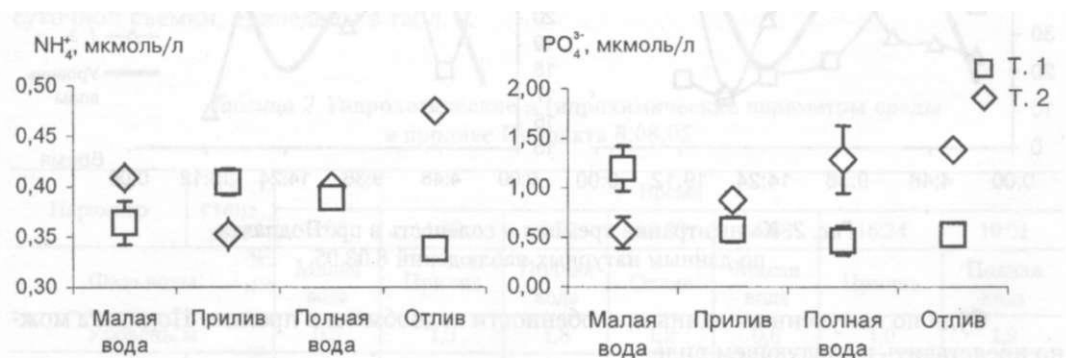


Рис. 3. Динамика содержания основных биогенных элементов в зависимости от фазы приливного цикла.

Как видно из рисунка, содержание обоих рассматриваемых биогенных элементов на станциях № 1 и 2 меняются в противофазе. Это также подтверждает предположение о различиях особенностей гидрологического и гидрохимического режимов на этих станциях.

Выводы. 1. Гидролого-гидрохимический режим в проливе Подпахта формируется в результате трансформации поверхностных вод Керетской и Чупинской губ. 2. Несмотря на пространственную близость, гидрологический режим на станциях № 1 и 2 различен. Станция № 1 наиболее подвержена влиянию вод, поступающих из Керетской губы, а станция № 2 - с БКР. 3. Соотношение поступления вод в пролив с прилегающих акваторий зависит от направления ветра. При ветрах восточных и северо-восточных направлений создается нагон более соленых вод с БКР, которые подпирают воды, поступающие через южный пролив из Керетской губы. При южном ветре в проливе Подпахта преобладают опресненные воды из Керетской губы.

Summary

Primakov I.M., Railkin A.I. Hydrological and hydrochemical conditions of Podpahta Strait.

The results of oceanologic research of Podpahta Strait where devices for studying biofouling are located, are described. The comparative hydrochemical analysis of adjacent water areas is carried out and the basic phases of formation of waters in the strait are considered. It has been shown, that the water masses transported in the strait by tidal waves and winds, have inhomogeneous distribution. The received data can be used for an explanation of biological processes in Podpahta Strait.

Литература

1. *Баумачников И.Л., Иванова Н.И., Примаков И.М.* Влияние гидрологических условий на распределение зоопланктона Керетской губы (Кандалакшский залив, Белое море) // Биологические основы устойчивого развития прибрежных морских экосистем: Тез. докл. Апатиты, 2001. С. 27-28. 2. Гидрологический ежегодник. 1970 г. Т. 0. Бассейн Белого моря. Вып. 1. Бассейны рек между бассейнами рек Нивы и Онеги / Под ред. И. А. Сазоновой. Л., 1971. 3. *Иванова Н.А., Баумачников И.Л., Стогов И. А.* Влияние гидрологических условий на вертикальное распределение зоопланктона в эстуарии р. Кереть (Белое море) // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 3. 2001. Вып. 2 (№ 11). С. 11-14. 4. Международные океанологические таблицы. М., 1969. 5. Методы гидрохимических исследований океана. М., 1978. 6. Океанографические таблицы. Л., 1975. 7. *Примаков И.М.* Особенности распределения и жизненные циклы массовых форм зоопланктона Кандалакшского залива Белого моря: Канд. дис. СПб., 2002. 169 с. 8. *Савоскин Ю.М.* Основные черты гидролого-гидрохимического режима губы Чупа Белого моря: Отчет о гидрол. работах в губе Чупа Белого моря за 1957-1967 годы. Фонды Зоологического института АН СССР (Беломорская биостанция). 1969.

Статья поступила в редакцию 6 апреля 2006 г.