

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДЕ ОНЕЖСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

И. Ю. Потапова, Ю. Л. Сластина

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

Введение

В последние десятилетия уделяется большое внимание изучению устьевых зон рек. Регулярные гидрологические, гидрохимические, гидродинамические, геоморфологические, биологические исследования на эстуарных участках рек, впадающих в Белое море, были начаты в 2000 г. в рамках проекта «Система Белого моря» [7]. В июле 2009 г. Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН, ИО РАН и ИВП РАН была проведена комплексная экспедиция с целью изучения особенностей природных процессов на эстуарных, приустьевых и открытых участках разных типов приливных побережий Белого моря.

Материалы и методы

Исследования проводились в устье р. Кемь. Пробы воды отбирались в пяти точках на различном удалении от устья реки: в устье реки (ст. 1-01), на промежуточных (033, 027) и на глубоководных станциях (043, 1-04) в фазу прилива и отлива. Станции 1-01, 033, 027 мелководные (табл. 1) и отбор проб на этих станциях осуществлялся только с поверхности. На глубоководных станциях 043, 1-04 пробы воды отбирались на поверхностном, срединном и придонном горизонтах (см. табл. 1).

Таблица 1

Температура (°С) и соленость (‰) морской воды

№ станции	Глубина, м	Горизонт, м	Прилив		Отлив	
			t, °С	Соленость, ‰	t, °С	Соленость, ‰
1-01	1,87	0,5	16,8	0,019	16,4	0,034
033	3,20	0,5	17,4	0,017	16,2	0,016
027	1,41	0,5	17,4	3,85	15,2	16,8
043	11,10	0,5	15,2	11,5	15,2	10,9
		5,0	12,3	22,9	12,2	22,9
		11,0	11,8	23,8	11,8	23,8
1-04	16,13	0,5	11,9	24,5	11,9	24,6
		5,0	11,8	24,7	11,7	24,6
		14,5	11,7	24,7	11,3	25,1

Температура воды во второй половине июля изменялась в пределах от 11,3 до 17,4 °С (см. табл. 1). Наибольшее значение (17,4 °С) отмечено на промежуточных станциях 033 и 027 в фазу прилива, в устье реки она немного ниже (16,8 °С). На глубоководных станциях уменьшение температуры от поверхности до дна было незначительным и составило 3,4 °С на станции 043 и 0,2–0,6 °С – на ст. 1-04 (см. табл. 1). Соленость воды на этом участке изменялась следующим образом: на станциях, наиболее приближенных к устью реки, вода была пресной (до 0,034‰) (см. табл. 1) как в фазу отлива, так и в фазу прилива. На промежуточной станции наблюдалось перемешивание воды. И если в фазу прилива соленость была низкой и составила 3,85‰, то в фазу отлива она увеличилась до 16,8‰. На следующей станции значение солености изменялось от 10,9 на поверхности до 23,8‰ в придонном горизонте. На станции, наиболее удаленной от устья, значение этого показателя от поверхности ко дну практически не менялось (24,5–25,1‰) (см. табл. 1).

Гидрохимические наблюдения помимо других показателей включали определение хлорофилла *a* и биогенных элементов. Содержание хлорофилла *a* определялось во всех пробах воды, а биогенных элементов – отобранных с поверхностного горизонта.

Аналитическая работа проводилась в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН. Для химического анализа проб воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики (табл. 2). Содержание хлорофилла *a* определялось спектрофотометрическим методом [3].

Методы химического анализа воды

Параметр	Аналитический метод
NH_4^+	Фотометрическое определение с гипохлоритом и фенолом, $\lambda = 630$ нм
NO_2^-	Фотометрическое определение с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)-этилен-диамином
NO_3^-	Восстановление до NO_2^- на Cd-Cu редуторе и определение NO_2^-
$\text{N}_{\text{общ}}$	Окисление $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в щелочной среде под давлением и определение NO_3^-
$\text{P}_{\text{мин}}$	Фотометрическое определение с молибдатом аммония, $\lambda = 882$ нм
$\text{P}_{\text{общ}}$	Окисление $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ в кислой среде и определение PO_4^{3-}
Хлорофилл <i>a</i>	Спектрофотометрическое определение после фильтрования на мембранных фильтрах с размером пор 0,45 мкм. $\lambda = 630, 645, 663, 750$ нм

Результаты и обсуждение

Распределение хлорофилла *a* по акватории Белого моря имеет неравномерный характер [2]. И как было установлено ранее, максимальные концентрации этого пигмента обнаружены в зонах влияния речного стока [1]. Результаты анализов показали, что содержание хлорофилла *a* в пробах воды исследуемого участка Онежского залива изменялось в пределах от 0,27 до 2,5 мкг/л (табл. 3, рис. 1). Наибольшие концентрации (2,5 и 1,96 мкг/л в фазу прилива и отлива соответственно) отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки (1-01, 033, 027). На станции 043 содержание хлорофилла *a* на поверхностном и придонном горизонтах составило не более 1,23 мкг/л

Таблица 3
Содержание хлорофилла *a* в пробах морской воды, мкг/л

№ станции	Горизонт, м	Хлорофилл <i>a</i>	
		Прилив	Отлив
1-01	0,5	2,50	1,75
033	0,5	2,34	1,96
027	0,5	2,45	1,40
043	0,5	1,17	1,04
	5,0	0,77	1,49
	11,0	1,23	1,03
1-04	0,5	0,79	0,86
	5,0	0,27	0,77
	14,5	0,37	0,69

в обе фазы, на горизонте 5 м его содержание в отлив было в два раза больше, чем в прилив (см. табл. 3, рис. 1). На станции 1-04 наблюдалось незначительное снижение концентрации хлорофилла от поверхности до дна в период малой воды, и в 3 и в 2 раза на горизонтах 5,0 и 13,5 м соответственно в период полной воды. В целом концентрация хлорофилла на этой станции не превысила 1 мкг/л. Среднее значение растительного пигмента на данном разрезе составило 1,27 мкг/л, что немного ниже средневзвешенной концентрации хлорофилла в опресняемых зонах Белого моря, полученной ранее [1].

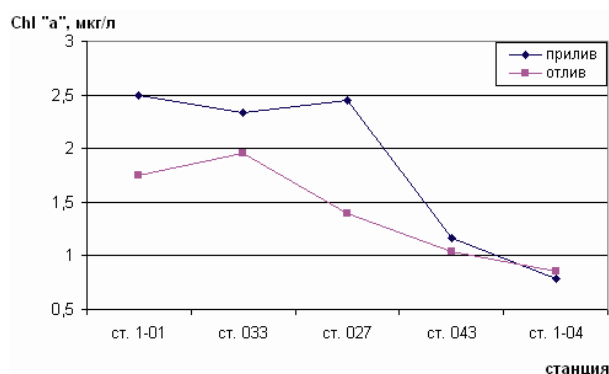


Рис. 1. Содержание хлорофилла *a* в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива

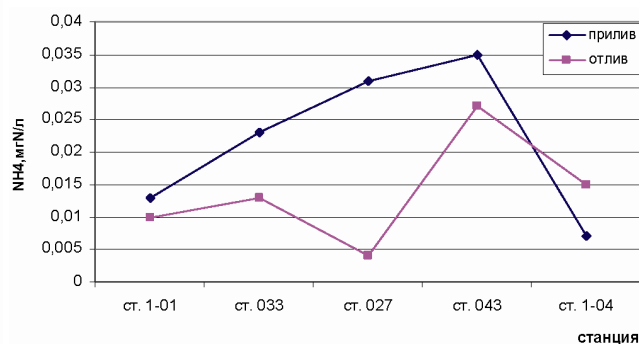


Рис. 2. Содержание аммонийного азота в пробах воды в разных точках отбора от устья реки в фазу прилива и отлива

Как показывают результаты анализов, среди азотистых соединений в пробах морской воды наименьшим было содержание нитритов (не более 0,002 мг N/л) (табл. 4). Содержание нитратов было также незначительным и в большинстве исследованных проб ниже предела обнаружения (0,01 мг N/л), а максимальная концентрация (0,06 мг N/л) отмечена в пробе, отобранной на промежуточной станции (033) в прилив (см. табл. 4). Содержание аммонийного азота находилось в преде-

лах 0,004 – 0,035 мг N/л и в среднем составило 0,018 мг N/л. Распределение этого компонента в пробах воды неравномерное. Наибольшие его концентрации (0,035, 0,031 мг N/л) наблюдались в пробах, отобранных на станциях 043, 027 в фазу полной воды, и 0,027 мг N/л на станции 043 в отлив (см. табл. 4, рис. 2). Низкое содержание минеральных форм азота в фотическом слое в июне – июле связано с весенней вспышкой фитопланктона [5]. Последующая деструкция биомассы и выделение органического азота зоопланктоном приводят к увеличению концентрации органического азота и его доли в суммарном содержании растворенного азота [4], что и показали результаты анализов – из всех форм азота наибольшую часть составил азот органический. Его содержание изменялось от 0,33 до 1,36 мг N/л. Максимальные концентрации отмечались на «морских» станциях как в фазу прилива, так и в фазу отлива (см. табл. 4, рис. 3).

Таблица 4

Азотистые соединения в пробах морской воды, мг N/л

№ станции	NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		N _{орг}		N _{общ}	
	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	прилив / отлив	
1-01	0,013	0,010	<0,001	<0,001	0,02	<0,01	0,46	0,37	0,49	0,38
033	0,023	0,013	0,001	<0,001	0,06	<0,01	0,33	0,33	0,41	0,34
027	0,031	0,004	0,001	<0,001	<0,01	<0,01	0,29	0,49	0,32	0,49
043	0,035	0,027	0,001	0,001	<0,01	<0,01	1,36	0,89	1,40	0,92
1-04	0,007	0,015	0,001	0,002	0,01	<0,01	1,10	1,18	1,12	1,20

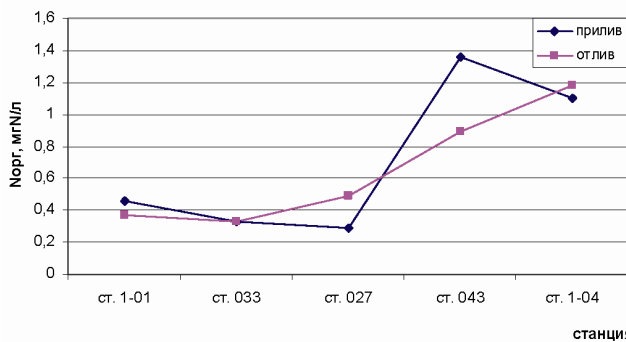


Рис. 3. Органический азот в пробах морской воды в разных точках отбора в фазу прилива и отлива

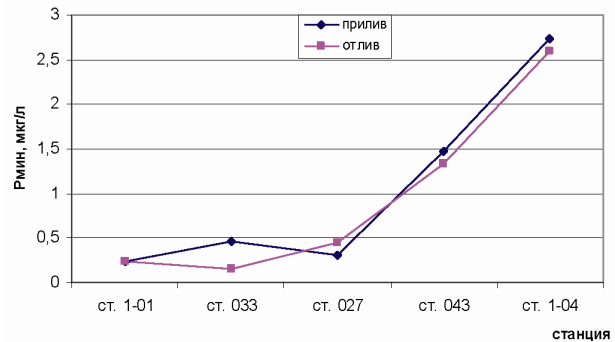


Рис. 4. Содержание фосфора минерального в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива

Концентрация фосфора минерального колебалась в пределах 0,16–2,74 мкг/л. Наибольшие его концентрации обнаружены на глубоководных станциях в обе фазы (табл. 5, рис. 4). Содержание фосфора общего изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л и в период полной воды было больше, чем в отлив, на всех точках отбора, кроме станции 1-04 (см. табл. 5, рис. 5). Содержание биогенных элементов в воде залива гораздо выше значений, полученных для открытой части Белого моря [6], что обусловлено выносом этих элементов речным стоком.

Таблица 5

Содержание фосфора в пробах морской воды, мкг/л

№ станции	P _{мин}		P _{общ}	
	Прилив	Отлив	Прилив	Отлив
1-01	0,24	0,24	14,8	14,4
033	0,46	0,16	18,3	14,1
027	0,31	0,45	15,6	13,3
043	1,47	1,33	13,5	12,2
1-04	2,74	2,59	14,2	17,4

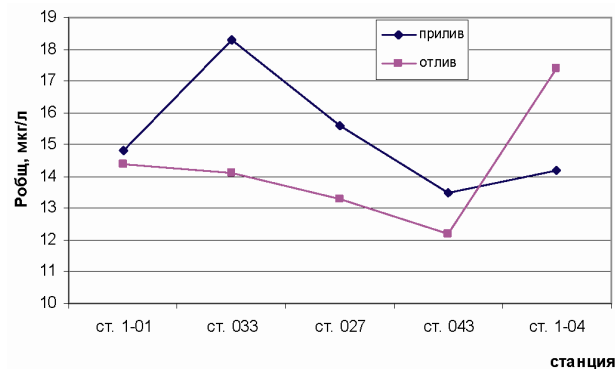


Рис. 5. Общий фосфор в пробах морской воды на удалении от устья реки в фазу прилива и отлива

Заключение

В результате проведенных исследований выявлены некоторые закономерности взаимодействия морских и речных вод – изменение температуры, солености, химических показателей.

Содержание хлорофилла *a* в воде на исследуемом разрезе изменялось в пределах от 0,27 до 2,5 мкг/л. Наибольшие концентрации (2,5 и 1,96 мкг/л в фазу прилива и отлива соответственно) отмечены на станциях, наиболее приближенных к устью реки. Среднее значение растительного пигмента составило 1,27 мкг/л, что чуть ниже полученного ранее (1,5 мкг/л). Азот и фосфор в поверхностной водной массе представлены в основном органическими соединениями. Содержание нитритов (до 0,002 мг N/л), нитратов (до 0,06 мг N/л), ионов аммония (до 0,035 мг N/л) и минерального фосфора в пробах морской воды незначительное. Большую часть из всех форм азота составил азот органический (0,33–1,36 мг N/л), а содержание общего фосфора изменялось в пределах 12,2–18,3 мкг/л.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 09-05-00658-а.

Литература

1. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Ч. I. СПб., 1995. С. 93–97.
2. Бергер В. Я. Продукционный потенциал Белого моря. СПб., 2007. С. 61–65.
3. ГОСТ 17.1.04.02-90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла. М., 1990. 15 с.
4. Запара Е. В., Белевич Т. А., Ильяш Л. В. Структура сообщества планктонных водорослей Белого моря при разных источниках азота и уровня освещенности // Современные проблемы альгологии: Материалы междунар. конф. и VI Школы по морской биологии. Ростов-на-Дону, 2008. С. 153–155.
5. Налетова И. А., Сапожников В. В. Биогенные элементы и продукционно-деструкционные процессы в Белом море // Океанология. 1993. Т. 33, № 2. С. 195–200.
6. Федоров В. Д., Житина Л. С., Корсак М. Н., Белая Т. И. Распределение биомассы и продукции фитопланктона в бассейне Белого моря // Биологические науки. 1980. № 11. С. 72–76.
7. Шевченко В. П., Филиппов А. С., Богунов А. Ю. и др. Геохимические исследования снега, льда и воды в устьевой зоне реки Северной Двины в феврале 2006 г. // Вестник АГТУ. 2008. № 74. С. 118–135.

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА р. ПЯСИНА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е. В. Румянцева

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

Введение

В водосборном бассейне р. Пясина выделяется ее верхняя часть – озерно-речная система, включающая оз. Пясино и впадающие в него реки и называемая Норило-Пясинской водной системой. Собственно рекой Пясина считается ее транзитный участок от истока из оз. Пясино до выхода в море (см. рис.). Характерной особенностью водосборного бассейна р. Пясина является то, что примерно 20% стока, впадающего в Карское море, формируется на водосборе Норило-Пясинской водной системы. Поэтому оценка качества вод на транзитном участке р. Пясина во многом зависит от показателей Норило-Пясинской водной системы.

Норило-Пясинская водная система испытывает наибольшее антропогенное воздействие от предприятий Норильского горно-металлургического комплекса и населенных пунктов Норильского района. Загрязнение вод р. Пясина распространяется ниже по течению в Пясинский залив Карского моря. Особую актуальность исследование приобретает в связи с разработкой нормативов качества поверхностных вод, учитывающих региональные особенности и индивидуальные характеристики водных объектов, что предусматривается новым водным законодательством РФ.