

Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря.
Материалы IX международной конференции
11-14 октября 2004 г., Петрозаводск, Карелия, Россия
Петрозаводск, 2005. С. 101-104.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭСТУАРИЯХ БЕЛОГО МОРЯ

Ю.С. ДОЛОТОВ¹, Н.Н. ФИЛАТОВ², В.П. ШЕВЧЕНКО³, И.П. КУТЧЕВА⁴, Н.В. ДЕНИСЕНКО⁴,
С.В. ТАКШЕЕВ⁵, А.Н. ПЛАТОНОВ², В.Н. КОВАЛЕНКО², М.П. ПЕТРОВ², А.Н. НОВИГАТСКИЙ³,
К.В. ФИЛИПЬЕВА³

¹ *Институт водных проблем РАН, Москва;* ² *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Петрозаводск;* ³ *Институт океанографии РАН, Москва;* ⁴ *Зоологический институт РАН, С.Петербург;*

⁵ *Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск*

На основе результатов детальных исследований в эстуариях рек Кереть и Кемь Карельского побережья Белого моря в 2000-2003 гг. проведен сравнительный анализ особенностей таких процессов как формирование солёности и распреснения водной толщи, изменения содержания и химического состава взвеси, скоростей течений и видового состава зоопланктона в фазы прилива и отлива.

Yu.S. Dolotov, N.N. Filatov, V.P. Shevchenko, I.P. Kutcheva, N.V. Denisenko, S.V. Taksheev, A.N. Platonov, V.N. Kovalenko, M.P. Petrov, A.N. Novigatsky & K.V. Filipjeva. Some features of hydro-physical, chemical, biological and geological processes in the estuaries of the Karelian Coast of the White Sea // The study, sustainable use and conservation of natural resources of the White Sea. Proceedings of the IXth International Conference, October, 11-14, 2004. Petrozavodsk, Karelia, Russia. Petrozavodsk, 2005. P. 101-104.

On the basis of the detailed studies in the Keret' and Kem' estuaries on the Karelian coast of the White Sea in 2000-2003, the comparative analysis of peculiarities of such processes as the salinity forming and the freshening of water column, changes of the suspended matter content and its chemical composition, the current speeds and the species composition of zooplankton changes during the flood- and the ebb-tides, has been carried out.

В различных странах мира в последние десятилетия большое внимание уделяется изучению эстуариев в связи с тем, что они являются накопителями разного рода загрязнений, поступающих с речным стоком. Эстуарии являются областью действия маргинальных фильтров, где в результате смешения речных и морских вод происходят глубокие преобразования речной воды, удаление почти всех взвешенных в воде веществ. Изучение маргинальных фильтров весьма важно для понимания антропогенного стресса на природу океана. Необходимо отметить, что здесь осаждается около 90% взвешенного 40% растворенного природного вещества и антропогенных загрязнений, накапливаются максимальные количества органического вещества. Эти области являются природными системами, предохраняющими море от проникновения значительной части загрязнений и разбавляющими их инертным материалом. Известно, что за фронтом маргинального фильтра (Лисицын, 19994; 2001) содержание взвесей падает в среднем в 5 тыс. раз. На отдельных участках зон смешения содержание взвеси оказывается выше, чем в реке и в прилежащем море и возникает «иловая пробка». Прозрачность вод и мощность слоя фотосинтеза растет по мере удаления в море. Возникает зона наибольших продукций фитопланктона, «биологическая пробка», которая располагается на внешней стороне от «иловой пробки».

Результаты

Важными целями работы по проектам РФФИ являлось изучение закономерностей проявления процессов в эстуариях с разным стоком рек при разном комплексе условий (сезоны, объем стока, антропогенная нагрузка, океанографические условия, фазы прилива, морфометрия и пр.). Авторы данной работы начали мониторинг динамики вод, взвеси, рельефа и условий существования биоты в эстуариях Карельского побережья Белого моря на НИС «Эколог» с сентября 2000 г. Исследованиями были охвачены незагрязненный эстуарий р. Кереть (к югу от губы Чула), достаточно сильно подверженные антропогенному воздействию эстуарии рек Кемь и Онега.

Были осуществлены постановки буйковых станций в характерных эстуарных зонах и проводились повторные работы (в фазы прилива и отлива) на станциях. Измерения уровня водной поверхности и придонной температуры воды проводились с использованием автономного самописца уровня, температуры и электропроводности воды WLR «Aanderaa Instruments»; измерения температуры и электропроводности воды, скоростей и направления течений – с применением автономного регистратора течений, температуры и электропроводности воды RCM-4 «Aanderaa Instruments», измерения температуры воды – с использованием температурного профильного регистратора TR-2 «Aanderaa Instruments».

Большим батометром (9 л) производился отбор проб воды для определения содержания взвешенного материала, фитопланктона и химического состава воды. Выделение взвеси для определения ее концентрации и дальнейшего изучения состава проводилось методом ультрафильтрации под вакуумом -0.6 атм. через чистые и предварительно взвешенные ядерные фильтры диаметром 47 мм с диаметром пор 0.45 мкм, помещенные в фильтродержатели фирмы Millipore. Фильтрация каждой пробы воды проводилась через 2-3 параллельных ядерных фильтра. После фильтрации воды фильтры промывались бидистиллятом, перекладывались в чистые пластиковые чашки Петри и высушивались при температуре 55-60 °С. Содержание взвеси определяли взвешиванием с точностью до 0.1 мг после доведения фильтров до постоянного веса. Для определения концентрации взвешенного органического углерода фильтрация проводилась через стекловолоконные фильтры GF/F диаметром 47 мм под вакуумом -0.2 атм.

С каждой глубины отбирали 100 мл морской воды, пробы фиксировали смесью раствора Люголя и глютарата по Руссо. Клетки пико- (< 2 мкм) и наиболее многочисленные виды нанопланктонных водорослей (2-20 мкм) были подсчитаны преимущественно по размерным группам (<2; 2 - 4; 4 - 6; 6 - 10 мкм) в камере Фукса-Розенталя при увеличении микроскопа $\times 400$. Клетки микрофитопланктонных (> 20 мкм) водорослей и нанопланктонные клетки подсчитывали в камере Ножотта при увеличении $\times 200$. Для оценки численности видов фитопланктона с невысокой численностью и простейших была использована камера Науманна объемом 1 мл. Водоросли определяли до видового или родового уровня. Пикопланктон и мелких жгутиковых подсчитывали.

Для изучения вертикальных потоков осадочного вещества использовались седиментационные ловушки, установленные на буйковых станциях (Лисицын, Шевченко, 2001). Метод позволяет измерять абсолютные массы осадочного материала на основе прямых определений количества этого материала, осаждающегося в седиментационные ловушки. На большинстве станций использовались малые цилиндрические ловушки, разработанные в Институте океанологии РАН и используемые в различных районах Мирового океана (Долотов, Лукашин 2000; Лисицын и др., 2001).

Малая седиментационная ловушка представляет собой пластмассовый цилиндр диаметром 186 мм с укрепленным внутри винилпластовым конусом, в который ввинчен флакон-пробосборник. В верхнюю часть цилиндра вставлен баффлер (гаситель течений) в виде крестовины из винилпласта. Нами практикуется использование двух параллельных ловушек одновременно на каждом горизонте. Это позволяет увеличить общую площадь сбора материала, оценить репрезентативность полученного материала и при необходимости использовать различные кон-

серванты для одного горизонта отбора. Две ловушки соединены титановым хомутом, на который поставлен тросовый зажим для крепления ловушек к тросу.

Изучение характера донной поверхности и строения осадочной толщи проводилось с применением эхолота LMS-350 фирмы «Lowrance» и гидролокационного комплекса «Микросаунд», состоящего из гидролокатора бокового обзора и акустического профилографа (комплекс разработан в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН).

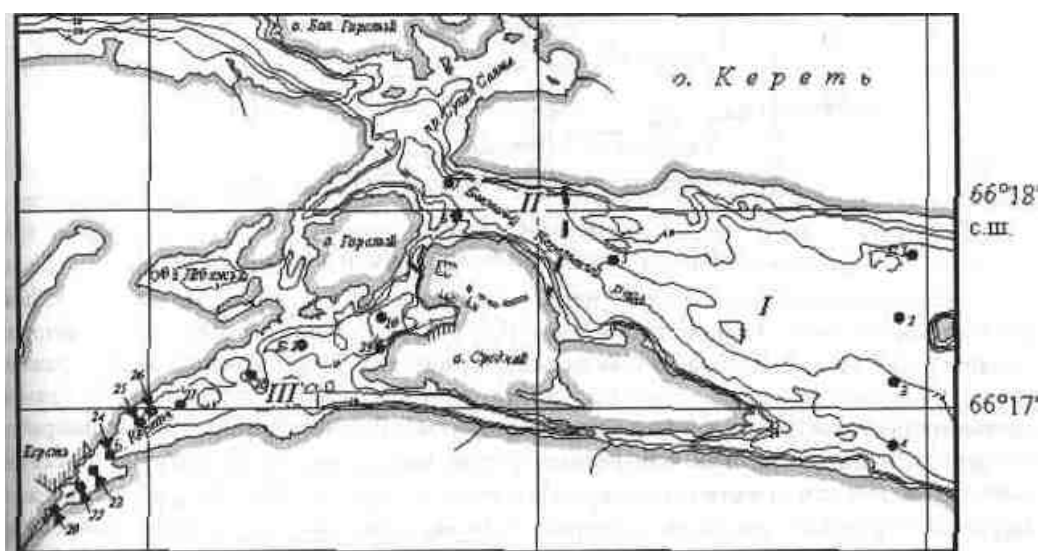
Отбор проб донных отложений производился с применением дночерпателей: Ван-Вина (0.1 м^2), для работ с судна, и Экмана-Берджа (0.02 м^2), для работ на мелководье со шлюпки. Сбор зоопланктона осуществлялся планктонной сеткой Джеди; отбор иктофауны и водорослей - специальной сетью.

Для изучения полей температуры воды и концентрации Хлф-а, РОВ, были проведены синхронные съемки STD зондами SeaCat и Quanta, измерения температуры поверхности воды (ТПВ) ИК-радиометром с борта судна и со спутника НОАА, радиометром AVHRR с разрешением 1.1 км, а также данные, полученные с помощью флуориметра «Квант».

В результате исследований показано, что в зоне смешения р. Кереть достаточно четко выделяются 3 зоны, характеризующиеся различным динамическим режимом: морская, переходная и приустьевая (Рис. 1). В водной толще (осенней) повсеместно зафиксирована четкая стратификация: присутствие 2-х четко выраженных слоев - верхнего с максимальными значениями температуры и минимальными значениями солености вод и нижнего - с минимальными температурами и максимальной соленостью. Изменчивость температуры воды в условиях стратификации свидетельствует о наличии внутриволновых колебаний с периодом полусуточных приливных движений. Во внешней, морской зоне приливо-отливные движения во время сизигийных циклов носили правильный характер. Характерно зарегистрированное ощутимое повышение значений солености в фазу прилива в связи с открытостью зоны к воздействию приливов. Однородность распределения значений солености и температуры воды в верхнем слое свидетельствует о хорошем перемешивании водной толщи в этой наиболее динамичной зоне. Несмотря на ее удаленность от устья реки, даже в осенний период с минимальным речным стоком в верхнем слое отмечалось довольно четкое распределение от поверхности до глубины 2-3 м. С хорошим общим перемешиванием этого слоя связана общая довольно однородная концентрация взвешенного материала. В переходной зоне, ближе к устью реки, мощность верхнего довольно четко выраженного распределенного слоя больше (до 4 м в фазу максимального отлива). В приустьевой зоне выявлено характерное для акваторий заливов Белого моря неравенство в продолжительности приливно-отливных фаз (длительность фазы отлива больше,

чем прилива). Из-за небольших глубин довольно хорошее перемешивание воды прослеживалось и в нижнем слое. Даже в прилив фиксировался распределенный слой до глубины 3-4 м. В обе фазы приливо-отливного цикла отмечалось однородное содержание взвеси - свидетельство интенсивного перемешивания. У поверхности воды четко, прослеживалось увеличение солености по мере удаления от устья реки Кереть. Для приустьевой зоны характерно небольшое изменение концентрации взвеси с глубиной, что очевидно связано с небольшими глубинами, малыми концентрациями взвешенного материала и постоянным перемешиванием водной толщи. Данные по распространению морской травы zostеры в разных динамических зонах свидетельствуют о независимости ее состояния от солености воды, что в дальнейшем позволит использовать ее в

качестве генетического тест-объекта при оценке воздействия на биоту различного рода загрязнений. О чистоте воды в притоках и отсутствии заметной антропогенной нагрузки на их экосистемы свидетельствует разнообразие групп макрозообентоса, наиболее чувствительных к загрязнению. Выбран комплекс биохимических показателей состояния процесса обмена веществ (по проведенному анализу органов некоторых промысловых рыб) как индикаторов механизмов ответных адаптивных реакций гидробионтов на воздействие факторов внешней среды, включая антропогенные (загрязнения). Показатели клеточного метаболизма можно использовать как дополнительные биоиндикаторы состояния беспозвоночных и рыб из разных по загрязнению эстуарных районов.



33°45' в.д.

Рис. 1. Схема расположения станций в эстуарии р. Кереть и на Большом Керетском рейде
Зоны: I - морская; II - переходная; III - приустьевая

В загрязненной эстуарии реки Кемь, со значительным, но зарегулированным стоком тоже четко выделяются 3 динамические зоны. Поскольку глубины в исследованной акватории не превышали 14 м, то в большинстве случаев термическая стратификация была выражена слабо. Содержание взвеси - повсюду достаточно высокое, и не обнаружено прямой зависимости от расстояния до устья реки; вместе с тем весь обследованный эстуарный район подвержен влиянию речных вод. Концентрации железа, марганца, тяжелых металлов значительно выше, чем в открытом море. Четко прослеживается связь содержания в воде загрязнений с их поступлением со стороны г. Кемь, порта Рабочеостровск и прибрежных населенных пунктов. На большей части приустьевой зоны, судя по данным эхолотирования, очевидно в основном осуществляется транзит тонкозернистого аллювия течениями (четко прослеживается выход коренных пород в отлив), а ближе к переходной зоне из-за резкого уменьшения глубин

отмечается выпадение на дно разнородного осадочного материала. Сама переходная зона характеризуется интенсивным размывом дна сильными течениями. Для морской же зоны характерна аккумуляция тонкозернистого аллювиального материала, выносимого отливными течениями. Обнаружены формы рельефа типа песчаных гряд, а в отдельных местах прослеживаются выступы коренных пород, при полном размыве донных отложений. Все это свидетельствует о сложной системе циркуляции вод в этой барьерной зоне. Максимальная численность зообентоса отмечалась в зоне размыва на жестких грунтах. Явное преобладание моллюсков, активных фильтраторов сестона, обусловлено интенсивным перемешиванием вод и высокими скоростями течений. В ходе исследования зоопланктона четко отмечается разница в его составе, с одной стороны, в приустьевой, а с другой - в переходной и морской зонах. Смешения пресноводных и морских видов почти не происходит, хотя прослеживается вынос пресно-

водных видов отливными течениями, а небольшое число морских видов зоопланктона распространяется практически до самого устья реки. В переходной и морской зонах пресноводные виды наблюдаются только в максимальный отлив. Значения численности и биомассы зоопланктона явно зависят от общей системы и скоростей течений в той или иной зоне.

В начале июля 2001 г. вертикальный поток осадочного вещества на буйковой станции Кемь-1 (ст. 5) был равен $1335 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$ на горизонте 5 м и $4283 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$ на горизонте 7 м. На более удаленной от эстуария ст. 39 (буйковая станция Кемь-2) в конце августа - начале сентября 2002 г. на горизонте 20 м (в 8 м над дном) величина потока достигала $8850 \text{ мг м}^{-2} \text{ сут.}^{-1}$. Эти значения потоков выше значений, полученных В.Н. Лукашиным с соавторами в центральной части Кандалакшского залива в июне 2000 г. (см. Долотов, Лукашин и др., 2000) и близки по порядку к потокам в прибрежных районах Баренцева и Карского морей, но значительно выше потоков в открытых районах этих морей.

Осадочный материал, собранный седиментационными ловушками, в основном состоит из мелких фекальных пеллет (15-30 мкм) и детрита, в котором также преобладали остатки разрушенных фекальных пеллет. Также отмечены минеральные частицы размером 1-10 мкм. В ловушках фитопланктона было мало, главным образом, присутствовали пустые створки диатомовых.

В настоящее время комплексные исследования продолжают в районе эстуариев реки Онега. Основное внимание уделяется изучению закономерностей проявления маргинальных фильтров.

В целом, проведенные исследования в эстуариях Карельского побережья Белого моря в 2000-2002 гг, а также результаты многолетних предыдущих работ по программе «Белое море» показали, что состояние водной среды, уровень загрязнения вод литорали, эстуариев, Белого моря в целом не мог негативно отразиться на условиях развития его биоресурсов. В эстуарных районах, на примере относительно крупной реки Кемь, определенное отрицательное воздействие имело место, но оно не выходило за рамки сложившейся в последние годы ситуации по техногенному воздействию на водную экосистему. Выполненные комплексные исследования показали, что не отмечается серьезных изменений химического состава, гидрологического режима, биоты исследованных эстуариев Карельского побережья Белого моря.

Авторы признательны экипажу НИС «Эколог» за помощь. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 00-05-64070 и 00-05-79063).

Литература

- Долотов Ю.С., Коваленко В.Н., Лифшиц В.Х., Петров М.П., Платонов М.В., Прего Р., Ратькова Т.Н., Филатов Н.Н., Шевченко В.П. 2002. О динамике вод и взвеси в эстуарии р. Кереть (Карельское побережье Белого моря) // *Океанология*. № 5. С. 765-774.
- Долотов Ю.С., Лукашин В.Н. 2001. Экспедиции в Белом море на научно-исследовательских судах «Эколог» и «Картеш» в 2000 г. // *Океанология*. Т. 41. №5. С. 790-795.
- Лисицын А.П. 1994. Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. Т. 34. №5. С. 735-747.
- Лисицын А.П., Шевченко В.П., Буренков В.И. 2000. Гидрооптика и взвесь арктических морей // *Оптика атмосферы и океана*. Т. 13. № 1. С. 70-79.