

П.Н.Маккавеев, А.А.Полухин, С.В.Степанова

Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН, г.Москва

**РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРИУСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ
МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ
РОССИЙСКОГО СЕКТОРА ЧЕРНОГО МОРЯ**

Описаны специализированные комплексные прибрежно-морские экспедиционные исследования, проведенные в приустьевых областях малых и средних рек в прибрежной зоне Российского сектора Черного моря в период с 2006 по 2013 гг. Собран значительный массив данных по гидрофизическим, гидрохимическим и гидробиологическим параметрам исследуемых акваторий. Приведены некоторые результаты гидрохимических исследований.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *химический состав стока рек, прибрежная зона, Черное море.*

Долгое время основное внимание при изучении стока рек, впадающих в Черное море, было сосредоточено на устьевых областях крупных рек, таких как Дунай, Днепр и др. и им посвящена достаточно обширная литература, например, [1 – 4 и др.]. Многочисленные реки малых и средних размеров (с площадью водосборного бассейна от 50 до 100 и от 100 до 1500 км² соответственно) не были изучены в достаточной мере.

Однако, для российского сектора Черного моря изучение влияния стока малых и средних рек на прибрежные экосистемы имеет важное как прикладное, так и научное значение, ведь именно они в основном характеризуют материковый сток в данной акватории. Сток этих рек может оказывать заметное влияние на гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические характеристики системы суша-море в масштабах российского черноморского шельфа.

Для изучения влияния стока малых и средних рек на состояние прибрежных экосистем в российском секторе Черного моря сотрудниками Института океанологии им. П.П.Ширшова РАН (ИО РАН), начиная с 2006 г., проводятся специализированные комплексные прибрежно-морские экспедиционные исследования (далее для обозначения прибрежных морских акваторий, примыкающих к устью реки, будет использоваться словосочетание «приустьевая область»), основные задачи которых:

1. Исследование влияния стока малых и средних рек на гидрофизическую и гидрохимическую структуру, а также биологические сообщества прибрежных районов в российском секторе Черного моря.

2. Исследование закономерностей формирования внутренней структуры речных плумов, их динамики и изменчивости в зависимости от внешних управляющих факторов, таких как ветровое воздействие, фоновая прибрежная циркуляция и др.

3. Отработка методов исследований микро-, мезо- и субмезомасштабных гидрофизических и гидрохимических структур прибрежных приустье-

вых районов.

4. Измерение уровня содержания органических и минеральных веществ в речной воде и локализация участков прибрежной зоны, наиболее подверженных загрязнению веществами, переносимыми речным стоком.

Проводимые экспедиционные исследования включают в себя комплекс гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и гидрооптических работ.

К настоящему времени был проведен ряд экспедиций, включая:

– исследования в приустьевых областях рек Пшада (пос.Криницы), Вулан (пос.Архипо-Осиповка) и Мезыбь (пос.Дивноморское), 1 – 9 июня 2006 г.;

– исследования в приустьевых областях рек Мзымта (г.Сочи), Сочи (г.Сочи), Мезыбь (пос.Дивноморское), Туапсе (г.Туапсе), Вулан (пос.Архипо-Осиповка), Пшада (пос.Криницы) и Ашамба (Голубая бухта), 2 – 5 мая 2007 г.;

– исследования в бухте Вулан (пос.Архипо-Осиповка), 7 – 13 ноября 2008 г.;

– исследования в приустьевых областях рек Кудепста и Мзымта (г.Сочи), 20 – 27 мая 2009 г.; 25 – 30 мая 2010 г.; 25 – 31 мая 2011 г.;

– исследования в приустьевых областях рек Кудепста и Мзымта (г.Сочи), в районе р.Сочи, а также в районе р.Битха (пос.Лоо), 15 – 19 мая 2012 г., 28 ноября – 6 декабря 2012 г. и 19 – 26 мая 2013 г.

Особенно интересным объектом исследования был район г.Сочи. Во-первых, этот район подвержен сильному воздействию из-за бытовых и техногенных стоков Сочинской агломерации. Во-вторых, две основные реки, впадающие здесь в море, – Кудепста и Мзымта – значительно отличаются по своему составу, что даёт возможность проследить распространение стока каждой отдельной реки, оценить их относительный вклад в химический режим верхнего, распресненного слоя вод и переноса терригенного материала, в том числе и поллютантов [5].

Как говорилось выше, отработка методов исследований была одной из основных задач работ. Исследуемые акватории отличаются динамичностью и контрастностью гидрохимических и гидрофизических условий и обладают небольшими пространственными размерами. В результате была разработана схема работ с применением проточной системы и ультрафиолетового флуоресцентного лидара, которые способны регистрировать ряд гидрофизических и химических параметров непрерывно по ходу судна. Это обеспечивает высокую дискретность наблюдений и позволяет фиксировать пространственные неоднородности распределения исследуемых параметров с характерными размерами в первые десятки метров по горизонтали.

Проточная система состоит из палубного блока, зонда *SBE911* и центробежного насоса, прокачивающего забортную воду через помпу зонда. Забор воды осуществляется с глубины 0,5 – 1 м. Данная система обеспечивает непрерывные измерения температуры и солености по ходу судна с частотой 4 Гц. Для регистрации гидрохимических параметров воду подавали в отдельную ячейку, соединенную с основным блоком, где устанавливался датчик кислорода, температуры и электрод для измерения рН. Запись изме-

ряемых параметров производилась каждые 10 – 30 с (в энергоактивной зоне чаще, в более спокойных водах реже). Система подачи воды в ячейку, отсекающая пузыри воздуха, позволяла проводить измерения при ходе катера 5 – 6 узлов. Таким образом, при регистрации параметров раз в 20 с пространственная дискретность составляет 50 – 60 м.

Ультрафиолетовый флуоресцентный лидар серии УФЛ позволяет регистрировать распределения концентрации хлорофилла, растворенных органических веществ и взвеси на поверхности исследуемой акватории по ходу судна в относительных единицах с частотой 2 Гц. Более подробное описание методик работы с лидарами серии УФЛ приведено в [6].

Работы производятся в виде нескольких однодневных площадных съемок. Помимо непрерывных измерений по ходу судна, в местах, где отмечаются сильные изменения или экстремумы регистрируемых величин и при смене галса, осуществляется отбор проб по горизонтам для последующих лабораторных гидрохимических и гидробиологических анализов и вертикальные *CTD*-зондирования. Также во время работ отбирались пробы воды из рек.

Для измерения скорости течения в выбранных точках на время работ устанавливались заякоренные станции, оснащенные измерителями течений. Также производились непрерывные измерения метеопараметров (скорость и направление ветра, температура, влажность, атмосферное давление) с помощью установленных на берегу портативных автоматических метеорологических станций.

В результате проведенных с 2006 по 2013 гг. работ собран значительный массив данных по гидрофизическим, гидрохимическим и гидробиологическим параметрам исследуемых акваторий. В данной работе приведены некоторые результаты гидрохимических исследований.

Как показали проведенные исследования, влияние рек (по гидрохимическим параметрам), даже при небольших объемах стока, может проследиваться на расстоянии 3 – 5 км по нормали к берегу и до 10 км вдоль берега от устья реки в зависимости от гидрометеорологических условий.

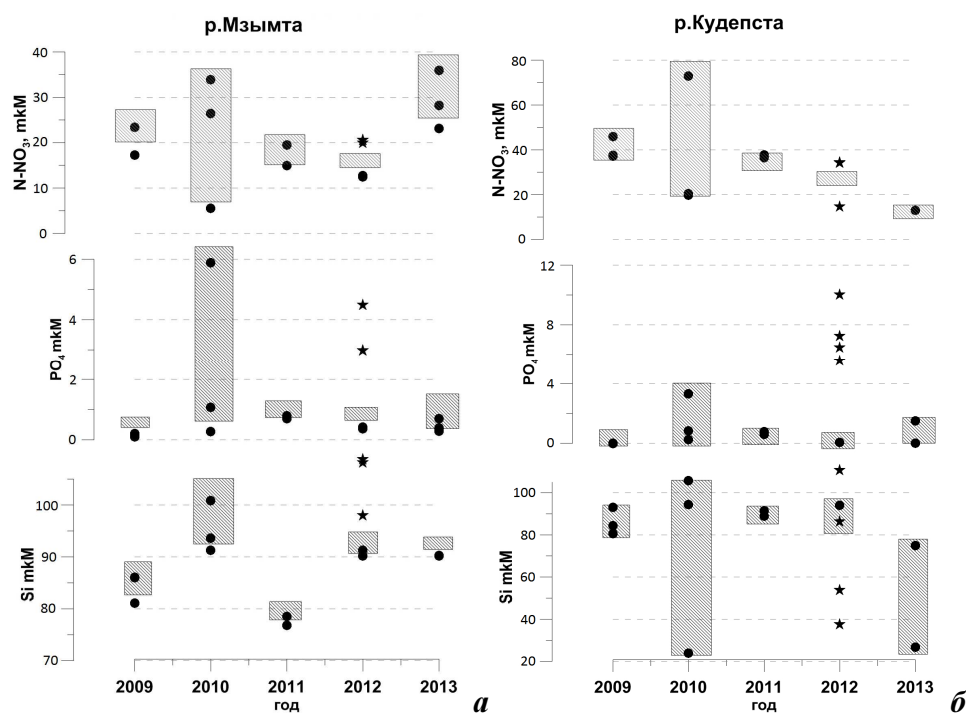
Результаты непрерывных записей содержания растворенного кислорода и величины рН показали, что в приустьевых областях практически всех исследованных рек наблюдаются районы с повышенным относительно окружающих морских вод содержанием растворенного кислорода и величины рН. Это свидетельствует о том, что в приустьевых областях рек существуют зоны с относительно высокой биологической продуктивностью вод (горизонтальные масштабы – первые десятки метров). Существование этих зон обусловлено поступлением биогенных веществ с речными водами. Под влиянием динамических процессов эти зоны могут смещаться или исчезать на некоторое время.

Отражение влияния речного стока на химический состав прибрежных вод зависит от индивидуальных особенностей химического состава стока отдельных рек. В табл.1 приведена разница между значениями гидрохимических показателей на станциях вблизи устьев рек, где по измеряемым показателям проследивается наибольшее воздействие речного стока, и «фоновыми» значениями на мористых станциях полигонов для поверхностных вод. В приустьевых водах, как правило, повышено содержание фосфатов,

Т а б л и ц а 1. Средние значения и пределы «аномалий» концентраций гидрохимических параметров за весь период наблюдений.

устьевая область реки	O_2 , мл/л	pH, NBS	Alk, мг- экв/л	$P-PO_4$, мкМ	Si , мкМ	$N-NO_2$, мкМ	$N-NO_3$, мкМ	$N-NH_4$, мкМ	число съепок
р.Мзымта	0,52 (0,00 – 1,37)	0,23 (0,01 – 0,99)	1,12 (0,02 – 2,73)	1,25 (0,02 – 3,54)	40,7 (0,15 – 88,5)	0,58 (0,01 – 2,26)	9,05 (0,00 – 22,9)	1,23 (0,36 – 2,10)	15
р.Кудепста	1,02 (0,07 – 1,87)	0,26 (0,01 – 0,89)	1,10 (0,07 – 4,69)	1,11 (0,00 – 4,10)	45,9 (1,84 – 98,5)	0,63 (0,03 – 1,84)	15,43 (0,04 – 45,2)	–	13
р.Битха	0,66 (0,07 – 1,26)	0,11 (0,00 – 0,23)	0,20 (0,02 – 0,38)	1,14 (0,01 – 2,27)	13,7 (1,67 – 25,8)	0,03 (0,02 – 0,04)	5,94 (0,01 – 11,87)	21,44 (0,17 – 42,7)	2
р.Сочи	0,42 (0,05 – 0,92)	0,06 (0,01 – 0,20)	0,48 (0,01 – 1,22)	0,47 (0,00 – 1,69)	20,6 (1,60 – 36,7)	0,23 (0,13 – 0,33)	9,93 (2,94 – 16,92)	2,40 (0,04 – 7,16)	3
р.Вулан	0,32 (0,01 – 1,50)	0,12 (0,03 – 0,40)	0,23 (0,00 – 0,84)	0,05 (0,00 – 0,12)	0,07 (0,01 – 0,14)	0,07 (0,00 – 0,13)	1,37 (0,08 – 4,60)	0,78 (0,10 – 2,16)	6
р.Тешебс		0,65 (0,42 – 0,89)	0,96 (0,76 – 1,17)	0,06 (0,00 – 0,12)	0,34 (0,14 – 0,55)	0,11 (0,02 – 0,21)	–	43,6 (23,2 – 64,0)	4

кремния и различных форм азота. Величина общей щелочности и содержание растворенного неорганического углерода могут быть как повышенными, так и пониженными. Результаты работ показали, что воды рек Вулан, Тешебс, Пшада и Мезыбь были обогащены карбонатным углеродом по сравнению с морской водой и влияние речного стока хорошо прослеживается по увеличенным значениям общей щелочности, а реки района Туапсе – Сочи содержали относительно немного карбонатного углерода (за исключением Кудепсты). Это связано с геологическими особенностями бассейнов рек. Следует учитывать, что химический состав стока меняется не только от реки к реке, но и сильно зависит от гидрометеорологических условий бассейна. При дождевых паводках, как правило, растет содержание различных форм азота и фосфатов (скорее всего из-за смыва удобрений), содержание кремния и карбонатного углерода, напротив, снижается. Для рек Кудепста и Мзымта проводились ежегодные анализы химического состава вод. Анализ данных показал, что наибольшее содержание растворенных форм азота, фосфора и кремния, в целом, наблюдалось в 2010 г. (рис.1). Вероятно, это связано с работами по строительству объектов сочинской олимпиады и на этот год пришелся наибольший объем земляных работ, что вызвало увеличение поступления в реки, в первую очередь, большого количества кремния.



Р и с . 1 . Динамика содержание форм азота, фосфора и кремния в водах рек Мзымта (а) и Кудепста (б). ★ – данные за конец ноября – начало декабря 2012 г.

Полученные в ноябре – декабре 2012 г. значения измеряемых параметров оказались, в основном, выше, чем в весеннюю съемку того же года, но это вполне обычное сезонное изменение химического стока.

Таким образом, воздействие материкового стока даже при небольших объемах вод, выносимых реками, отчетливо проявляется в изменении гидрохимической структуры прибрежных вод. Хотя влияние речного стока на гидрохимическую структуру прибрежных вод сказывается на величинах всех измеряемых параметров, наиболее чувствительными индикаторами распространения речного стока являются величины общей щелочности и растворенного кремния. Проведенные исследования позволяют утверждать, что исследуемые реки, особенно в районе Сочи – Адлер, подвержены сильному антропогенному воздействию, которое значительно усилилось из-за масштабного строительства объектов Олимпиады 2014 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mikhailov V.N., Mikhailova M.V.* River Mouths / The Handbook of Environmental Chemistry.– Berlin Heidelberg. Springer-Verlag, 2008.– v.5, part Q.– P.91-133.
2. *Михайлов В.Н., Морозов В.Н., Михайлова М.В., Гранич П.С.* Гидрологические процессы в устьевой области Дуная и их возможные изменения // Водные ресурсы.– 1988.– № 1.– С.24-32.
3. *Днепровско-Бугская эстуарная экосистема.*– Киев: Наукова думка, 1989.– 237 с.

4. Михайлов М.В., Джаошвили Ш.В. Гидролого-морфологические процессы в устьевой области Риони и их антропогенные изменения // Водные ресурсы.– 1998.– т.25, № 2.– С.152-160.
5. Kostyleva A.V., Podymov O.I., Makkaveev P.N., Polukhin A.A. Influence of small rivers runoff on the hydrochemical structure of coastal waters of the north-eastern Black Sea / Coastal Engineering Practice.– ASCE, 2011.– P.286-297.
6. Айбулатов Н.А., Завьялов П.О., Пелевин В.В. Особенности гидрофизического самоочищения российской прибрежной зоны Черного моря близ устьев рек // Геоэкология.– 2008.– № 4.– С.301-310.

Материал поступил в редакцию 12.06.2013 г.
После доработки 23.08.2013 г.

АНОТАЦІЯ Описано спеціалізовані комплексні прибережно-морські експедиційні дослідження, проведені в приустьєвих областях малих і середніх річок в прибережній зоні Російського сектора Чорного моря в період з 2006 по 2013 рр. Зібрано значний масив даних по гідрофізичним, гідрохімічними і гідробіологічними параметрами досліджуваних акваторій. Наведено деякі результати гідрохімічних досліджень.

ABSTRACT The specialized integrated coastal-marine field studies conducted in the estuarine areas of small and medium-sized rivers in the coastal zone of the Russian sector of the Black Sea from 2006 to 2013 are described. The substantial data base on hydro-physical, chemical and biological parameters of investigated water areas is gathered. Some results of chemical investigations are given.