DOI: 10.17117/na.2016.10.02.268

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.02.268.pdf>

Поступила (Received): 28.10.2016

Коновалов Б.В.

Содержание и состав морской взвеси в приустьевой зоне р. Урал в апреле 2016 г.

Konovalov B.V.

The content and composition of marine suspended matter in estuary area r. Ural in April 2016

По материалам экспедиции ИО РАН, проведенной в начале апреля 2016 г. в северо-восточной части Каспийского моря в приустьевой области реки Урал, построены карты распределения концентраций хлорофилла а (Ca) и массовых концентраций основных компонентов взвеси: взвешенного вещества органического (СВОВ) и минерального (СВМВ) происхождения. Выявлены особенности распределения названных характеристик, их отличия от других районов Северного Каспия, а также их связь с гидрофизическими условиями. Показана линейная зависимость относительной прозрачности по белому диску z_b от Ca, СВОВ и СВМВ. Отмечено монотонное снижение доли органики во взвеси по мере удаления от устья реки

Ключевые слова: Каспий, минеральная взвесь, органическая взвесь, хлорофилл

Коновалов Борис Васильевич

Кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Институт океанологии им. П.П. Ширшова
г. Москва, Нахимовский пр., 36

According to the materials of the expedition IO RAS, held at the beginning of April 2016 in the north-eastern part of the Caspian Sea near the mouth area of the chlorophyll concentration distribution maps Ural River built a (Ca) and mass concentrations of the main components of the suspended matter (SPM): particulate organic matter (POM) and suspended inorganic (mineral) matter (PIM). The features of the distribution of these characteristics distinguish them from other areas of the North Caspian Sea, as well as their relationship with the hydrophysical conditions. It is shown that the linear dependence of the relative transparency of the white disk z_d from Ca, CPOM and CPIM. It noted monotonic decrease in the proportion of organic matter in suspension as the distance from the mouth of the river

Key words: Caspian Sea, particulate inorganic (mineral) matter(PIM), particulate organic matter (POM), chlorophyll

Konovalov Boris Vasilievich

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher
Institute of oceanology named P.P. Shirshov
Moscow, Nakhimovsky ave., 36

Работа выполнена при финансовой поддержке Договора с Минобрнауки № 14. В25.31.0026 (Доп. Соглашение №2)

Как отмечено в работе [1], Каспийское море отличается значительной неоднородностью в распределении морской взвеси, особенно в северной его части. Северный Каспий, по образному выражению авторов монографии [2], следует рассматривать в качестве одной из трех полуизолированных систем аккумуляции осадочного вещества, которая уподобляется мелководной платформе

и с которой непрерывно смываются осадки равнинных рек. Средний и Южный Каспий служат при этом гигантскими отстойниками взвешенного материала, поступающего с платформы, а также приносимого реками Кавказа.

В многочисленных публикациях, в том числе по результатам комплексных исследований системы Каспийского моря, проведенных в экспедициях ИО РАН в последнее время [3-8], содержится обильная информация о распределении взвешенных веществ, их составе, вертикальных потоках и горизонтальном переносе практически для всех районов Северного, Среднего и Южного Каспия. Что же касается восточной части Северного Каспия, то надо отметить ее относительно слабую изученность во всех отношениях. Данное обстоятельство, по-видимому, можно объяснить тем, что, как принято считать, влияние твердого стока р. Урал на содержание взвешенных веществ восточной половины Северного Каспия весьма ограничено. В настоящей работе содержатся данные, которые в некоторой степени восполняют пробел в исследовании этой акватории.

Материалы и методы

Работы проведены Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) в экспедиции на НИС «Амангалиев Дуйсекеш» с 9 по 12 апреля 2016 г., т.е. в период, непосредственно предшествующий весеннему паводку. Для анализа использованы пробы воды, отобранные ведром с поверхности и одна – батометром из придонного слоя с глубины около 3м (на ст.12).

Массовая концентрация взвеси определялась двумя методами: оптическим, по спектрам поглощения света взвесью, осажденной на стекловолочнистые фильтры Whatman GF/F, в соответствии с методикой, изложенной в работе [9], и прямым весовым методом, с использованием нуклеопоровых лавсановых мембран с порами 1мкм.

Фильтрация проводилась под вакуумом при перепадах давления 250 мбар (для фильтров GF/F) и 400 мбар (для нуклеопоровых). Взвесь была отфильтрована в общей сложности на 50 фильтров. Фильтры были тщательно высушены в присутствии силикагеля, заморожены и доставлены в лабораторию Института.

Спектры фильтров GF/F с осажденной взвесью регистрировались на двухлучевом спектрофотометре СФ-14 производства ЛОМО.

После фотометрирования эти же фильтры использовались для определения концентрации хлорофилла и пигментного индекса. С этой целью фильтры в течение суток выдерживались в 90-%-ном водном ацетоне. Полученный экстракт фотометрировался на спектрофотометре Specord UV VIS фирмы Carl Zeiss Jena. Подробности методики пробоподготовки и расчета концентраций содержится в публикации [10].

Результаты и обсуждение

Результаты анализа морской взвеси представлены в таблице и на пяти рисунках.

**Таблица 1. Концентрации компонентов взвеси,
пигментный индекс и относительная прозрачность воды
(максимальная глубина видимости белого диска)**

дата	№ ст.	концентрации					
		мин. $C_{\text{ВМВ}}$, мг/л	орг. абс. $C_{\text{ВОВ}}$, мг/л	орг. (относит.) $C_{\text{ВОВ}}/(C_{\text{ВМВ}}+C_{\text{ВОВ}})$, %	хлороф. а C_a , мкг/л	пигментн. индекс в экстракте D_{430}/D_{663}	относит. прозрачн., Z_0 , м
12.04.16	5 (0 м)	73,4	3,2	4,2	22,1	2,3	0,25
11.04.16	9 (0м)	51,5	2,1	3,9	11,5	2,7	0,25
12.04.16	10 (0м)	71,2	2,8	3,8	13,2	2,5	0,25
12.04.16	11 (0м)	54,9	2,0	3,6	11,5	2,8	0,2
12.04.16	12 (0м)	59,1	2,1	3,5	10,2	2,8	0,15
12.04.16	12 (дно)	62,3	2,2	3,4	9,3	3,0	–
11.04.16	13 (0м)	152,1	6,4	4,1	23,1	2,5	0,15
11.04.16	16 (0м)	38,6	1,5	3,8	9,3	3,0	0,35
11.04.16	17 (0м)	32,3	1,3	3,7	5,1	3,4	0,3
11.04.16	18 (0м)	38,3	1,4	3,5	6,7	2,5	0,3
12.04.16	19 (0м)	68,3	2,5	3,5	11,9	3,1	0,25
мини- мум		32,3	1,3	3,4	5,1	2,3	0,15
максим.		152,1	6,4	4,2	23,1	3,4	0,4
макс/ми н		4,7	5,1	1,2	4,5	1,5	2,8
среднее для 0 м		68,2	2,7	3,7	12,5	2,8	0,25

Как видно из таблицы, исследованная акватория характеризовалась очень низкой относительной прозрачностью воды (видимость диска в среднем была равна 0,25 м), связанной прежде всего с высоким содержанием взвеси. Помимо ее поступления с речными водами она также поднималась со дна из-за интенсивного вертикального перемешивания воды, которое происходило от сильного ветрового воздействия (4-9 м/с) и постоянного придонного течения (15-17 см/с).

О зависимости прозрачности воды от концентрации каждого из компонентов взвеси можно судить по графику, представленному на рис.1.

Надо заметить, что разброс значений Z_0 , соответствующих конкретным величинам концентраций, прежде всего определяется низкой точностью оценки Z_0 , вызванной как волнением поверхности воды, так и бортовой качкой судна, которые в своей совокупности вызывают вертикальные перемещения диска, соизмеримые в данном случае с величиной прозрачности.

Предельно низкие значения прозрачности (около 0,15 м) получены при концентрации минеральной взвеси, превышающей 150 мг/л, органической составляющей взвеси – более 6 мг/л (а ее относительной доли во взвеси около 4 %-ов) и концентрации хлорофилла более 20 мкг/л. Еще более низкие значения прозрачности возможно встретить у самого устья реки, т.к. вода в реке во время паводка перед ее поступлением в море может иметь прозрачность около 5 см [1].

Рис. 1. Зависимость относительной прозрачности воды от массовых концентраций минеральной – $C_{вмв}$, органической – $C_{вов}$ взвеси и хлорофилла a – C_a

Рис. 2. Распределение концентраций минеральной взвеси – $C_{вмв}$ в приустьевой зоне р. Урал

Как уже было отмечено во вступлении, данных непосредственных измерений содержания взвеси в приустьевой зоне р. Урал ничтожно мало. Небольшие сведения об этой акватории содержатся в работе [1]. В ней сделан обзор литературных данных об исследованиях Северного Каспия, начиная с 1930 г. и проведен анализ результатов совместных исследований в экспедициях ВНИРО, КаспНИРО и Гидрорыбпроекта в 1957 – 1958 гг.

Авторы пришли к выводу о том, что в приустьевой зоне р. Урал концентрация общей взвеси в июне в разные годы может меняться в интервале от 25-45

мг/л до величин, превышающих 100 мг/л. Основными причинами столь существенных изменений они считают колебания речного водостока и изменчивость режима течений.

Хорошо известно, что содержание взвеси в водах Северного Каспия и общая картина распределения ее концентраций определяется главным образом поступлениями взвешенных веществ, приносимых водами р. Волги, ее твердым стоком. В связи с этим, в северо-западной области концентрация взвеси меняется в очень широких пределах: от максимальных 300-400 мг/л в авандельте (хотя в зависимости от района, времени года и межгодовой изменчивости объема стока здесь эта величина может быть существенно меньше) до 5-10 мг/л по мере удаления от нее. При этом, как правило, язык повышенных концентраций прижат к западному побережью. В южном направлении содержание взвеси снижается сильнее. В восточном – влияние стока Волги наименьшее. Можно считать, что в северо-восточной части картина распределения взвеси практически определяется теми водами, которые приносит р. Урал.

Режим течений в Северном Каспии характеризуется преобладанием общего переноса вод в западном направлении (особенно в весенний и летний периоды). Этим объясняется повышенное содержание взвеси вблизи западного берега моря, по этой же причине происходит и смещение зоны максимальных концентраций взвеси в этом же направлении в приустьевой области р. Урал, что отчетливо проявляется на картах, представленных на рис. 2 и 3.

Рис. 3 Распределение концентраций органической взвеси – $C_{ов}$ в приустьевой зоне р. Урал

На картине распределения относительных концентраций органики (рис. 4) не обнаружено смещения максимумов в западном направлении. Ее значения определяются режимом течений в меньшей степени и не так непосредственно, как поведение пассивной примеси, каковой является сама взвесь.

Рис. 4. Уменьшение доли органики во взвеси – $C_{ов}/(C_{ВМВ}+ВОВ)$, в %-ах по мере удаления от устья р. Урал

Значительную роль при этом играет и вклад фитопланктона в органику. Об этом свидетельствует результат проведенного анализа зависимости между относительной концентрацией органики и содержанием хлорофилла, который показал, что между ними существует прямая линейная корреляция с коэффициентом 0,8.

На рис. 5 показано, что на распределение фитопланктона и его развитие (судя по высоким концентрациям хлорофилла и относительно низким значениям пигментного индекса) режим течений заметного влияния не оказывает, что и отражается также и на распределении относительной концентрацией органики.

Рис. 5. Распределение концентраций хлорофилла а – Са в приустьевой зоне р. Урал

Нельзя не отметить удивительно высокие концентрации хлорофилла, характерные для эвтрофных и гипертрофных вод. Фитопланктон здесь интенсивно развивается, несмотря на неблагоприятные условия – сильную мутность воды, которая препятствуют проникновению достаточного количества солнечной энергии, необходимой для его нормального развития.

В заключение следует отметить практическую ценность полученных в экспедиции материалов не только для описания процессов формирования потоков осадочного материала в Северном Каспии, но также и при разработке математических моделей взаимодействия речного стока с морскими водами в условиях вертикально однородной термохалинной структуры, какая наблюдалась на исследованной акватории.

Список используемых источников:

1. Гершанович, Д.Е.; Грундульс, З.С. Взвешенные вещества в водах Северного Каспия // Труды ВНИРО. 1969. Т.65. С. 57-84.
2. Проблемы седиментогенеза Каспийского моря. Монография. М.: Наука, 1989. 184 С.
3. Лукашин В.Н., Амбросимов А.К., Буренков В.И., Либина Н.В. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 30-м рейсе НИС "Рифт" // Океанология. 2010. Т.50. № 3. С. 472-473.
4. Лукашин В.Н., Амбросимов А.К., Буренков В.И., Кравчишина М.Д., Либина Н.В., Мutowкин А.Д. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 32-м рейсе НИС "Рифт" // Океанология. 2011. Т.51. № 4. С. 751-757.
5. Амбросимов А.К., Ключиткин А.А., Гольдин Ю.А. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 39-м рейсе НИС "Рифт" // Океанология. 2014. Т.54. № 3. С. 428-432.
6. Амбросимов А.К., Ключиткин А.А., Артамонова К.В. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 41-м рейсе НИС "Рифт" // Океанология. 2014. Т.54. № 5. С. 715-720.
7. Ключиткин А.А., Амбросимов А.К., Филиппов А.С., Корж А.О. Комплексные исследования Каспийского моря в экспедиции НИС «Тантал» в мае 2015 г. // Геология морей и океанов. М. ИО РАН. 2015. Т. 3. С. 312-316.
8. Ключиткин А.А., Амбросимов А.К., Кравчишина М.Д. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 2-м рейсе НИС "Никифор Шуреков" // Океанология. 2015. Т.55. № 2. С. 344-347.
9. Коновалов Б. В., Кравчишина М. Д., Беляев Н. А., Новигатский А. Н. Определение концентрации минеральной взвеси и взвешенного органического вещества по их спектральному поглощению // Океанология, 2014. Т.54. №4. С.1-9.
10. ГОСТ 17.1.04.02-90. "Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а" // Изд-во стандартов Госкомприроды. М. 1990. 16 С.

© 2016, Коновалов Б.В.

Содержание и состав морской взвеси в приустьевой зоне р. Урал в апреле 2016 г.

© 2016, Konovalov B.V.

The content and composition of marine suspended matter in estuary area r. Ural in April 2016