

УДК 551.465, 551.463.8, 579.68(268.45), 581.132

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 39-М РЕЙСЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА “РИФТ”

© 2014 г. А. К. Амбросимов<sup>1</sup>, А. А. Клювиткин<sup>1</sup>, Ю. А. Гольдин<sup>1</sup>, Е. Е. Захарова<sup>2</sup>,  
А. О. Корж<sup>3</sup>, М. Д. Кравчишина<sup>1</sup>, А. Д. Мутовкин<sup>1</sup>, А. Н. Новигатский<sup>1</sup>, Н. В. Политова<sup>1</sup>,  
А. С. Саввичев<sup>2</sup>, А. Л. Чульцова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Москва

<sup>3</sup>Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Шишова РАН, Калининград

<sup>4</sup>Северо-Западное отделение Института океанологии им. П.П. Шишова РАН, Архангельск

e-mail: ambrosimov@ocean.ru

Поступила в редакцию 13.02.2013 г.

DOI: 10.7868/S0030157414020014

С 21 мая по 9 июня 2012 г. в соответствии с Программой фундаментальных исследований президиума РАН № 23 проводилась комплексная экспедиция на НИС “Рифт” (39-й рейс), целью которой было исследование системы Каспийского моря. На 36-ти станциях были выполнены гидрофизические, гидрооптические, гидрохимические, геохимические, микробиологические и геолого-геофизические исследования и на 20-ти разрезах – сейсмо-акустическое профилирование (рис. 1).

Гидрофизические работы включали зондирование водной толщи STD-зондами Idronaut Ocean 316 и SBE19+ и измерение течений во всей толще воды акустическими профилографами течений ADCP WHS – 300 в режиме буксировки и ADCP WHS – 150 в режиме зондирования. На ходу судна в течение всего рейса проводились измерения гидрооптических характеристик проточным флуориметром и сейсмопрофилирование морского дна с помощью НСП. На станциях выполнялся отбор проб воды для гидрохимических и биогеохимических исследований. На борту судна проводились определения гидрохимических параметров (концентрации кислорода, кремния, фосфатов и нитритов), пигментов фитопланктона (хлорофилла “а” и феофитина “а”) с использованием флуориметра Trilogy (Turner Design), концентрации и гранулометрического состава взвеси с помощью вакуумной фильтрации и счетчика Коултера (Multisizer 3), определение концентрации метана и сероводорода.

Отбор донных осадков проводился дночерпателем и мультикорером (КУМ). Была поднята притопленная буйковая станция (ПБС) с седиментационными ловушками и измерителями течений “Поток-М”, поставленная в 35-м рейсе НИС “Рифт” в районе восточного апвеллинга

Среднего Каспия. ПБС проработала с июня 2010 г. и накопила уникальную информацию по осадочному материалу, температуре и течениям в восточном секторе моря. Ниже представлены некоторые предварительные результаты исследований.

### ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

По данным измерителя течений “Поток-М” от 16 сентября 2010 г. на Песчанномысском поднятии (ПМП) температура в 3-х метрах от дна скачком поднялась с 12 до 23°C, что обусловлено либо штормовым перемешиванием, либо затеканием теплых вод из Южного Каспия в Средний, либо притоком теплых вод из разломов недр морского дна.

Общая картина течений северной части Среднего Каспия соответствует движению вод циклонического круговорота, однако зачастую она нарушается вихрями и струйными течениями.

Особый интерес представляют данные течений над котловиной Южного Каспия. При зондировании профилографом ADCP-150 до дна в Южной котловине на глубину 1003 м 03 июня 2012 г. зарегистрировано три слоя спиралевидных течений, подобных спирали Экмана. В слое 100–250 м течение с глубиной закручивалось на полный оборот по часовой стрелке. Далее с горизонта 270 до 560 м спираль раскручивалась в обратном – циклоническом направлении на 45°. На глубинах от 560 до 1000 м спираль снова раскручивалась в антициклоническом направлении на 270°. Скорости течений в слое 100–500 м составляли 6–7 см/с, а глубже 500 м и до дна 3–4 см/с (рис. 2).

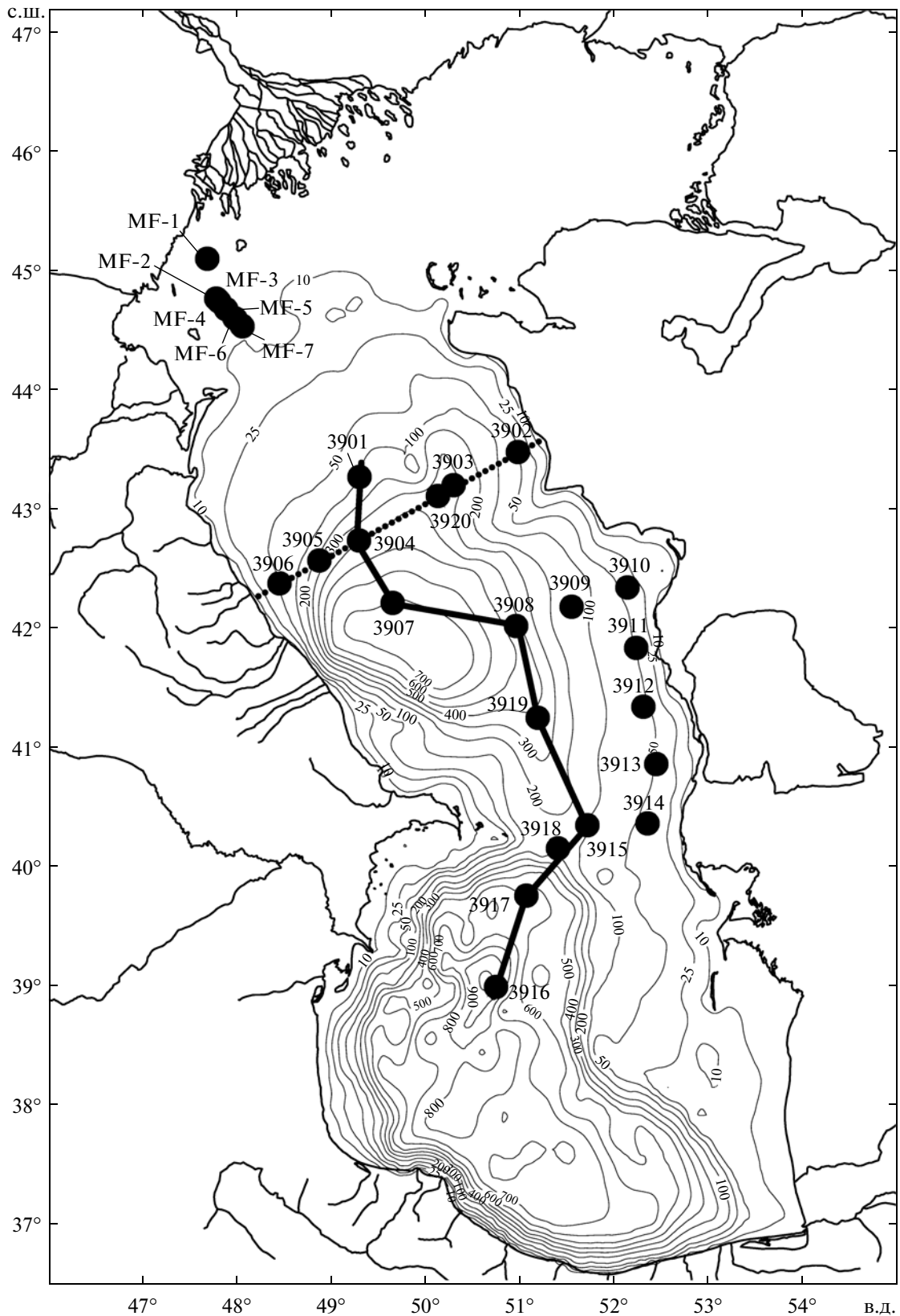
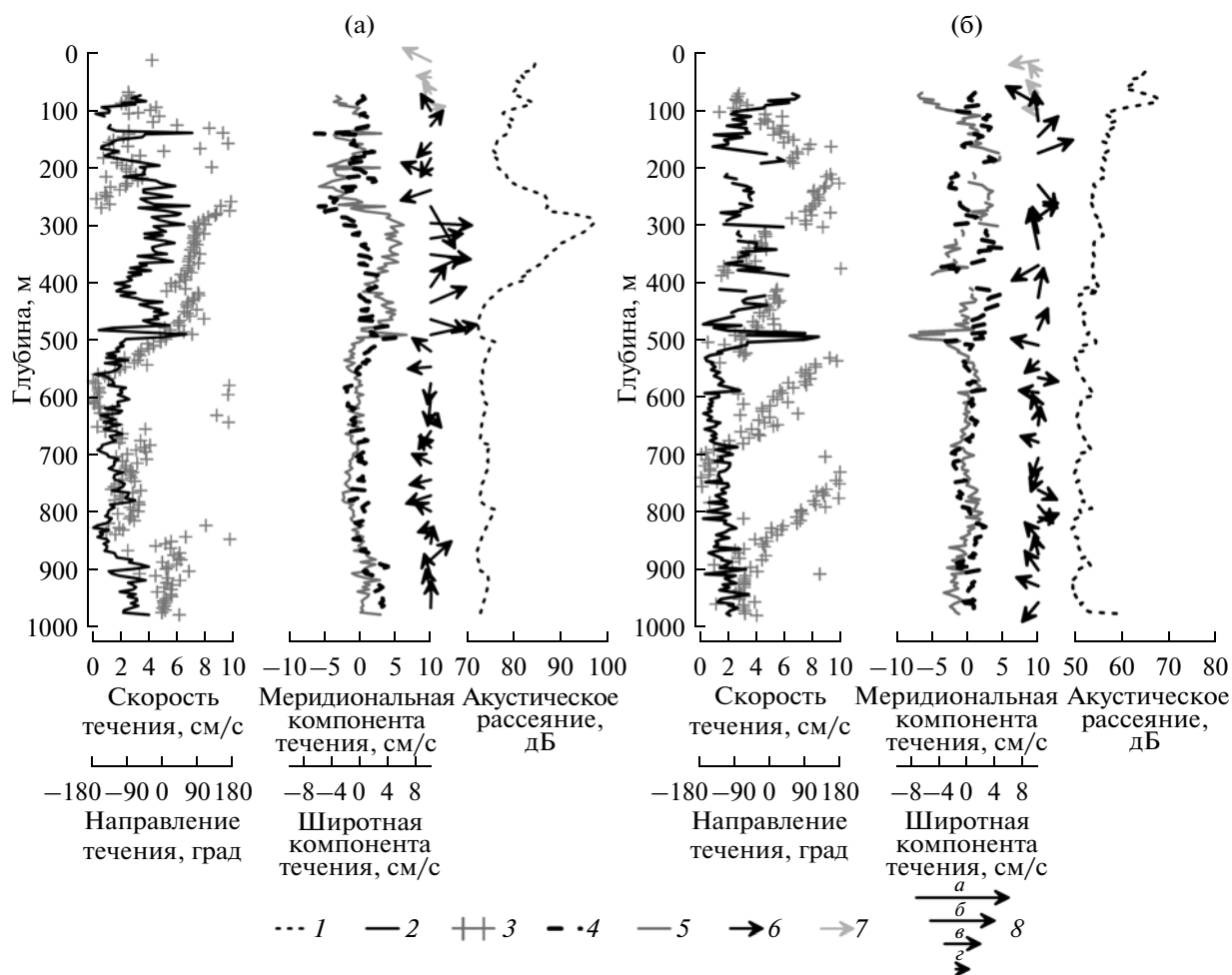


Рис. 1. Карта станций и схема расположения опорных разрезов в Каспийском море: жирная линия – транскаспийский осевой разрез; пунктирная линия – поперечный разрез в Центральном Каспии.



**Рис. 2.** Вертикальные профили течений (ADCP-150) на ст. 16 над котловиной Южного Каспия, глубина 1003 м ( $38^{\circ}58.602'$  с.ш.;  $50^{\circ}44.564'$  в.д.): (а) – зондирование в 06:50 03.06.2012 г., (б) – в 21:35 03.06.2012 г. (крестиками показано направление течений).

1 – акустическое рассеяние, дБ, 2 – скорость течения, см/с, 3 – направление течения, град, 4 – широтная компонента течения, см/с, 5 – меридиональная компонента течения, см/с, 6 – вектор течения, 7 – вектор течения по данным ADCP-300, 8 – модуль вектора течения:  $a$  – 15 см/с,  $b$  – 10 см/с,  $v$  – 5 см/с,  $z$  – 1 см/с.

## ГИДРООПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполнены исследования пространственного распределения интенсивности флуоресценции растворенного в морской воде органического вещества (РОВ) и хлорофилла “а” (хл “а”) и его связей с распределением биооптических и гидрохимических характеристик и гидрологической структурой вод на ходу по всему маршруту судна.

Полученные данные показывают, что диапазон изменений величин интенсивностей по всему исследованному району достаточно большой, но в открытых районах все изменения происходят относительно плавно. Значительная изменчивость интенсивностей флуоресценции РОВ и хл “а”, а также солености и температуры, зарегистрирована при пересечении приустьевой фронтальной зоны (маргинального фильтра) р. Волги. Здесь зарегистрирован ряд резких фронтальных

разделов, проявляющихся в распределении всех характеристик, что было отмечено ранее [1].

## БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основная цель биогеохимических исследований в рейсе – сбор материала для изучения седиментационной системы Каспийского моря, позволяющего оценить современные потоки вещества в море, в толще воды и на дно, а также биогеохимические процессы, воздействующие на осадочное вещество в море и в донных осадках.

### *Исследование взвеси и хлорофилла “а”*

**Поверхностный горизонт (0–2 м).** Систематическое исследование маргинального фильтра (МФ) р. Волги проводится авторами с 2008 г. [2]. В 39-м

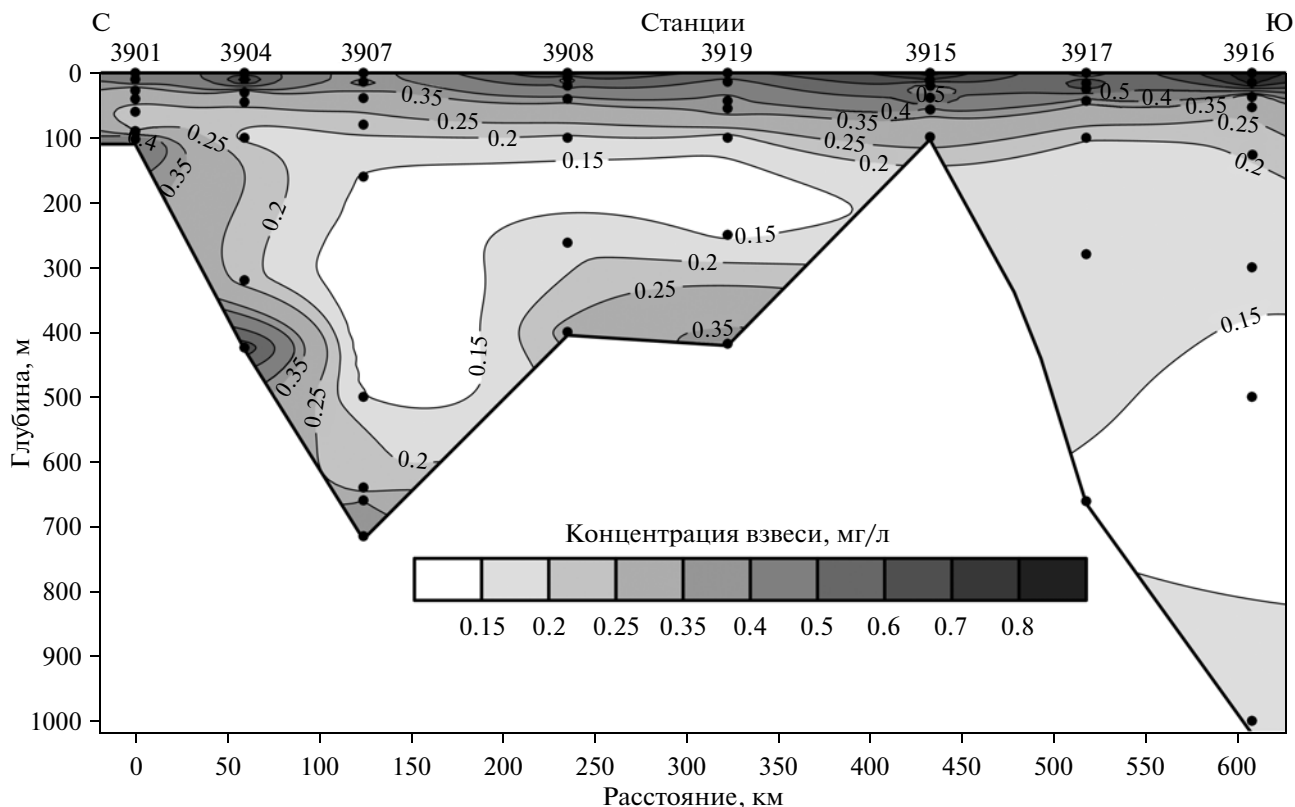


Рис. 3. Распределение взвеси на транскаспийском осевом разрезе. Точки – горизонты пробоотбора. Положение разреза показано на рис. 1.

рейсе НИС “Рифт” на разрезе река–море выполнено 8 станций в интервале солёности от 0.23 до 10.2 епс, горизонт 0–2 м (рис. 1). В период исследований (третья декада мая) максимальные значения изученных параметров характерны для пресных речных вод. Уже при увеличении солёности до 1 епс концентрация взвеси на первой (гравитационной) ступени МФ уменьшается в два раза. В поверхностных водах Среднего и Южного Каспия она варьирует от 0.27 до 0.86 мг/л. Концентрация хл “а” в области МФ распределяется синфазно с концентрацией взвеси.

**Водная толща.** Наши исследования (2008–2012 гг.) показали, что водная толща Каспийского моря по всем изученным гидрологическим и биогеохимическим параметрам условно делится на три зоны:

1 – верхняя зона, от поверхности до 40–60 м в зависимости от глубины моря и положения термоклина; характеризуется четкой стратификацией вод по температуре и наиболее высокими концентрациями взвеси, хл “а” и биогенов, максимальной численностью микроорганизмов и количеством взвешенного ОВ [3, 4]. Высокие концентрации хл “а”, в отличие от взвеси, установлены не в приповерхностном слое 0–20 м, а на глубинах 20–60 м, как правило, под термоклином;

2 – нижняя зона, от 40–60 м до дна; практически однородна по всем изученным параметрам;

3 – придонная зона выделяется там, где на склонах впадин у дна формируется нефелоидный слой – распространенное явление в центральных районах моря с глубинами более 100 м, в частности, на склонах Дербентской впадины. Здесь концентрация взвеси у дна (1–2 м от дна) составляет 0.7 мг/л, а концентрация хл “а” достигает 1.7 мкг/л при глубине моря более 400 м (ст. 3904).

На транскаспийском осевом разрезе наибольшие концентрации взвеси обнаружены в верхней зоне: до 0.9 мг/л на горизонтах 0–20 м, уменьшаясь с глубиной (50–60 м) до 0.4 мг/л (рис. 3).

#### Микробиологические исследования

Основное внимание уделено изучению интенсивности микробных процессов, протекающих на границе раздела фаз вода–донные осадки.

Содержание метана в поверхностном водном слое минимально и варьирует от 0.1 до 0.31 мкл/л. В слое пикноклина оно, как правило, выше, чем в поверхностном горизонте: от 0.06 до 0.56 мкл/л. Это биогенный метан, образующийся анаэробно непосредственно в водной толще. Крайне низкое содержание метана обнаружено в глубинных

(аэробных) слоях водной толщи центральной части Каспийского моря: от 0.04 до 0.05 мкл/л, в зоне дефицита кислорода содержание метана соответствует 0.2–0.8 мкл/л, а в придонной анаэробной зоне достигает 3.5–3.75 мкл/л.

#### *Исследования придонной сероводородной зоны*

Верхняя граница аналитически определяемого содержания  $H_2S$  (0.05 мг/л) в Дербентской впадине (ст. 3907, глубина 720 м) находится на горизонте 660 метров. Концентрация  $H_2S$  возрастает ко дну, достигая в придонном (715 м) горизонте 0.2 мг/л. Мощность сероводородного слоя по нашим оценкам составляет 60 м. Концентрация растворенного в воде кислорода на горизонте 640 м составляет 0.13 мг/л. Переходный слой (от аэробного к сероводородсодержащему анаэробному) зафиксирован на глубине 640–680 м.

В Южной впадине, наиболее глубокой в Каспийском море (ст. 3916, 1005 м), мощность сероводородного слоя оценивается нами в 150 м, а концентрация  $H_2S$  в придонном горизонте (1000 м) составила 0.4 мг/л. Переходный слой зафиксирован в интервале глубин 820–850 м.

#### *Исследование вертикальных потоков осадочного вещества*

Изучение вертикальных потоков вещества проводилось с использованием седиментационных ловушек, установленных на ПБС. Метод позволяет измерять на разных глубинах моря абсолютные массы осадочного материала, осаждающегося в ловушки. Была поднята 1 ранее поставленная станция и установлено 6 новых станций.

#### СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ

В рейсе получены новые данные о строении верхней части осадочной толщи, значительно дополняющие и уточняющие современные представления о процессах седиментации в Каспий-

ском море. Получены уникальные сейсмические профили в самой глубокой впадине Южно-Каспийской котловины на глубине, превышающей 1000 м. На отдельных участках видимая мощность осадков по данным НСП достигала не менее 500 м. Всего выполнено более 2000 км сейсмической съемки морского дна. На сейсмических профилях отмечены захороненные грязевые вулканы, разломы, границы смены фаций и др.

Авторы благодарят академика А.П. Лисицына – руководителя проекта “Система Каспийского моря”, В.Н. Лукашина, капитана и экипаж НИС “Рифт”, а также участников экспедиции: Я.И. Белевитнева, А.В. Бондаря, Ю.И. Венцкута, В.А. Григорьева, Н.В. Козину, А.А. Кондрашова, А.А. Мелузова, А.А. Пронина, А.А. Соколова, Е.В. Федорова.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-05-00456-а и № 12-05-31450-мол\_а, Президента РФ № НШ-618.2012.5, программы № 23 Президиума РАН “Трансевропейский меридиональный морской эколого-геохимический разрез” и программы ОНЗ РАН № 5 “Микро- и наночастицы...”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбросимов А.К., Лукашин В.Н., Либица Н.В. и др. Комплексные исследования системы Каспийского моря в 35-м рейсе научно-исследовательского судна “Рифт” // *Океанология*. 2012. Т. 52. № 1. С. 150–155.
2. Кравчишина М.Д., Новигатский А.Н., Политова Н.В. и др. Исследование биогенной и абиогенной части взвеси дельты реки Волги в период весеннего половодья, май 2008 г. // *Водные ресурсы*. 2013. Т. 40. № 2. С. 151–164.
3. Леин А.Ю., Русанов И.И., Ключиткин А.А. и др. Биогеохимические процессы в водной толще Каспийского моря в ноябре 2008 г. // *Докл. РАН*. 2010. Т. 434. № 6. С. 786–790.
4. Леин О.Ю., Русанов И.И., Кравчишина М.Д., Иванов М.В. О генезисе органического и карбонатного углерода в осадках Северного и Среднего Каспия (по изотопным данным) // *Литология и полезные ископаемые*. 2012. № 4. С. 319–332.