ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА Том 11, № 2, 2015, стр. 36–44

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.46 (262.54 + 262.5)

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АЗОВСКОГО И ЧЕРНОГО МОРЕЙ В 2013 г.

© 2015 г. Академик Г.Г. Матишов[1, 2], О.В. Степаньян[1], К.С. Григоренко[3], В.М. Харьковский[1], В.В. Поважный[1], В.Г. Сойер[3]

Поступила 26.12.2014

Приведены результаты комплексных гидролого-гидрохимических работ в Азовском и Черном морях в 2013 г. Выявлено, что концентрация биогенных элементов в водах Азовского моря в значительной степени зависит от короткопериодных погодных явлений, когда нарушается структура внутренних химических и биологических процессов в водоеме. Эти явления затрагивают всю толщу вод, море "живет" от шторма до шторма. Показано, что в позднеосенний период показатели аммония и нитритиона могут значительно изменяться в течение короткого периода (несколько суток). В Черном море погодные условия затрагивают верхнюю толщу вод и обусловливают вертикальный обмен вод: богатые биогенными элементами глубинные воды поступают в фотическую зону, обеспечивая продукционные процессы. Высокие концентрации биогенных элементов в поверхностном слое Черного моря могут быть следствием апвеллинга, проявляющегося как в прибрежной зоне, так и в центральной части моря. Выявлено, что значительный запас потребляемых гидробионтами биогенных элементов законсервирован в органическом веществе. Полученные закономерности вертикального распределения минеральных и органических форм азота и фосфора показывают, что в глубинной анаэробной зоне Черного моря происходит преобразование органического вещества, связанное с его глубокой деструкцией и высвобождением минеральных форм биогенных элементов. Выявлено, что на глубинах 100 м и ниже черноморские воды содержат существенный запас минерального фосфора, перенос которого в фотическую зону возможен при апвеллинге. Наибольшие концентрации нефтепродуктов в течение года характерны для акватории Черного моря в районах Новороссийска и Туапсе (0,015–4,90 мг/л), где имеются крупные нефтяные порты и наиболее напряженный трафик морских перевозок нефти. Курортные акватории Анапы и Геленджика и вод Республики Абхазии значительно чище. Уровень загрязнения углеводородами нефти выше допустимых концентраций на всей обследованной акватории от Нижнего Дона и Керченского пролива до Анапы и Сухума. В современный период наблюдается рост уровня нефтяного загрязнения (концентрация углеводородов нефти составляет 0,58–0,69 г/кг сухой массы) донных отложений Таганрогского залива, который приближается к уровню 1990-х гг., максимальные концентрации отмечены в западной части залива, в районе порта Мариуполь.

Ключевые слова: Азовское море, Черное море, гидрология, гидрохимия, биогенные элементы, углеводороды нефти, загрязнение.

Более 10 лет Южный научный центр РАН проводит научные исследования в южных морях России [1–7]. В 2013 г. на научно-исследовательских судах "Денеб" и "Профессор Панов" проведено 12 экспедиций [8]. При осуществлении морских работ большое внимание уделяется основным элементам гидролого-гидрохимического режима морских водоемов, маркерам климатических изменений [9–15]. Основная цель исследований – оценка влияния природных и антропогенных факторов на динамику морских экосистем юга России. Одна из задач – изучение особенностей режима биогенных элементов при различной синоптической ситуации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Комплексные исследования включали метеорологические наблюдения, изучение гидролого-гидрохимических параметров, загрязнения воды и

[1] Южный научный центр Российской академии наук (Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences), 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru, step@ssc-ras.ru

[2] Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН (Murmansk Marine Biological Institute, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences), 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.

[3] Институт аридных зон Южного научного центра Российской академии наук (Institute of Arid Zones, Southern Scientific Centre, Russian Academy of Sciences), 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41.

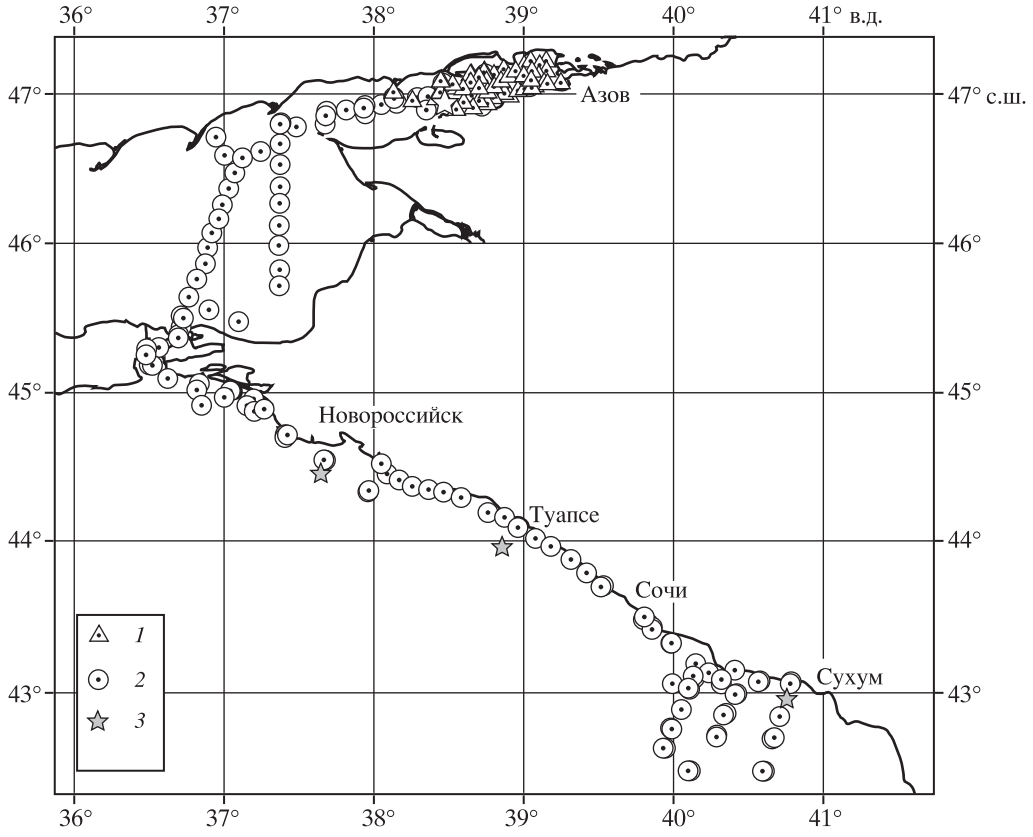

Рис. 1. Карта-схема морских исследований ЮНЦ РАН в 2013 г. *1* – океанологические станции и точки отбора проб на НИС "Профессор Панов"; *2* – океанологические станции и точки отбора проб на НИС "Денеб"; *3* – вертикальные гидролого-гидрохимические профили (см. рис. 2)

донных осадков. Исследования осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками и руководствами по проведению океанографических работ, использовали современное океанологическое оборудование. При отборе проб воды использовали глубоководный пробоотборный комплекс карусельного типа, состоящий из 12 батометров и зонда гидрологического SBE19plus V2 (США). Для ускорения и оптимизации обработки гидрохимических проб "первого дня" применяли судовой проточный измеритель биогенных элементов San^{++} (Нидерланды). Определение нефтепродуктов проводили стандартным методом с экстракцией тетрахлорметаном, выделением углеводородных фракций методом колоночной хроматографии и ИК-регистрацией на концентратомере КН-2м. На акватории Азовского и Черного морей выполнено свыше 250 комплексных океанографических станций (рис. 1). Исследования осуществляли в основные гидрологические сезоны – весной, летом, осенью.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таганрогский залив. В середине апреля в Таганрогском заливе температура воды изменялась от 10,87 до 13,09 °С, соленость – от 0,55 епс (единицы практической солености) в кутовой части до 8,47 епс в центральной части залива. Выявлены существенные вертикальные градиенты температуры и солености, что свидетельствует о проникновении более холодных и плотных азовских вод в залив. Максимальные концентрации биогенных элементов отмечены в районах фронтальных зон, где происходит трансформация речных и азовских вод и распресненной кутовой части залива, при этом в этой части залива концентрации аммонийного иона, нитрит-иона, фосфора и кремния в 2 раза превышали средние значения по заливу. Содержание кислорода в толще воды было равным или превышало значение насыщения. В середине мая на большей части залива отмечено однородное распределение температуры от поверхности ко дну, при этом наблюдалось плавное увеличение указанных параметров от кутовой части к горлу залива. При приближении к горлу залива отмечено выраженное влияние более соленых и холодных придонных азовских вод на распределение биогенных элементов и планктона.

В конце июня на большей части залива установилась выраженная гомотермия с температурой воды, превышающей 30 °С, что привело в начале июля к

появлению выраженных заморных зон и случаям массовой гибели рыб. Концентрации аммонийного иона, нитрит-иона, фосфора так же, как и весной, в 2–3 раза превышали средние значения по заливу. Пространственное распределение кремния было неоднородным и имело два максимума: один был приурочен к кутовой части залива и обусловлен развитием солоноводных мелких диатомовых водорослей, второй максимум был отмечен в западной части залива и обусловлен развитием морских диатомовых водорослей.

Осенью с началом штормов гомотермия вод залива нарушилась. В октябре отмечена выраженная стратификация вод: поверхностные воды теплые и распресненные, придонные воды более холодные и плотные. В центре залива в придонном слое отмечены линзы распресненных вод, что обусловлено сложившейся синоптической ситуацией и преобладанием в течение нескольких суток устойчивых ветров восточных румбов. В октябре уровни содержания биогенных элементов снизились по сравнению с летним периодом в 1,5 раза: концентрации аммонийного иона снизились до аналитического нуля, что свидетельствует об активной утилизации его фитопланктоном, содержание кремния резко возросло с максимумом 5,38 мкг/л в кутовой части залива. В ноябре отмечены высокие и редко регистрируемые концентрации нитритов – от 20,4 до 39,0 мкг/л. Такие концентрации характерны для зон массового развития и отмирания микроводорослей. Подтверждением служат пониженные концентрации аммонийного иона, являющегося источником генерации нитрит-иона, повышению концентрации NH_4^+ к выходу из залива соответствует спад концентрации NO_2^-. Наконец низкие концентрации нитратного иона свидетельствуют как о продолжении вегетации водорослей, так и о невысокой скорости бактериальной переработки нитритов в нитраты. Распределение концентрации NH_4^+ через 10 суток существенно отличается от зарегистрированного ранее. Причина перестройки режима биогенных элементов – в изменении погодных условий: слабый ветер восточных румбов, штилевые условия и стратификация вод моря в первый период сменились усилением ветров западных румбов, нагонными явлениями, нарушением стратификации вод, взмучиванием донных осадков, что привело к резкому увеличением концентрации NH_4^+. В водах Азовского моря в зоне Мариуполя на обоих этапах исследования обнаружены значительно более высокие концентрации аммония, что может быть связано с промышленным загрязнением. Существенное изменение динамики и пространственного распределения аммонийного иона за сравнительно короткий период наблюдений подтверждает одну из закономерностей химии вод Азовского моря – зависимость от погодных условий. В Таганрогском заливе концентрации NO_3^- зарегистрированы на довольно низком уровне (ниже NO_2^-) с неравномерным “пятнистым” распределением по акватории. При повторном обследовании спустя 10 суток значения концентрации NO_3^- существенно увеличились с обычно наблюдаемым превышением концентраций NO_3^- над NO_2^-.

Весной концентрация нефтепродуктов колебалась от 0,36 мг/л в устье Дона до 0,11 мг/л в заливе. Летом концентрации нефтепродуктов на всей акватории залива выросли в 2 раза и более, что связано с увеличением интенсивности судоходства. В ноябре показатели нефтяного загрязнения снизились в устье Дона, но остались высокими в заливе. В течение всего периода исследований максимальные концентрации углеводородов нефти отмечались в районе порта Мариуполь [16]. Летом в Таганрогском заливе в донных отложениях нефтяные углеводороды были зарегистрированы в пределах 0,58–0,69 г/кг сухой массы. При этом максимальные концентрации отмечены в западной части залива, в районе порта Мариуполь. По данным работы [17], средние концентрации нефтепродуктов в донных отложениях Таганрогского залива в период с 2000 по 2006 г. составляли от 0,52 до 0,54 г/кг, ранее, в 1991–1999 гг., среднее содержание нефтепродуктов было выше (0,75–0,84 г/кг). Таким образом, в современный период наблюдается рост уровня нефтяного загрязнения донных отложений Таганрогского залива, который приближается к значениям начала 1990-х гг.

Азовское море. Весной для большей части акватории моря характерно постепенное изменение термохалинных характеристик, что свидетельствует о вертикальной однородности вод. Содержание кислорода в поверхностном и придонном слоях составляло в среднем 7,13 и 6,10 мг/л соответственно. Вертикальное распределение биогенных элементов было сходно и незначительно различалось у поверхности и у дна, за исключением нитратов, концентрация которых была выше на 55% у дна и составляла 14 мкг N/л. При приближении к Керченскому проливу влияние черноморских вод усиливается, обнаруживаются линзы черноморских вод, при этом перепад между показателями поверхностного и придонного слоя по температуре составляет 9,50 °С, по солености – 4,40 епс. Концентрации биогенных элементов в водах пролива были ниже, чем в Азовском море, в 2 раза и более. На большей части акватории Керченского пролива отмечено преобладание черноморских вод, что характерно при сильных юго-восточных ветрах.

Летом морские воды хорошо перемешаны, только на некоторых станциях отмечены незначительные изменения в расположении слоя скачка плотности в течение суток. На станциях вблизи Керченского пролива в придонном слое наблюдаются трансформированные черноморские воды. Перепад температуры был менее 1,0 °С, солености – 1,0 епс, плотности – 2 кг/м^3. В Керченском проливе наблюдали смешанные воды Черного и Азовского морей.

В ноябре верхний слой азовоморских вод был в значительной степени перемешан, в центральной части моря слой скачка плотности находился на глубине от 5 м, на входе в Керченский пролив – 11 м. В проливе отмечено присутствие трансформированных черноморских вод. Перепад температуры между поверхностными и придонными водами достигал 1,0 °С, солености – 1,0 епс, плотности – 2 кг/м^3. В Керченском проливе наблюдались преимущественно трансформированные воды черноморского происхождения, так, соленость достигала 14–15,0 епс. В начале ноября в Азовском море повсеместно отмечены "нулевые" концентрации минерального фосфора, свидетельствующие о вспышке цветения водорослей. В то же время концентрация органического фосфора варьировала в пределах 6–82 мкг Р/л (среднее 29,4 мкгР/л). К концу ноября после активной фазы цветения средняя концентрация минерального фосфора повысилась до 5,2 мкг Р/л при преобладающем содержании органического фосфора до 43,8 мкг Р/л. Концентрация нитрит-иона в акватории собственно моря была невелика, составляя в поверхностном горизонте и у дна 0,9 и 1,2 мкг N/л соответственно. К концу ноября концентрации нитрит-иона существенно снизились и составляли в среднем 1,6 (поверхность) и 1,9 мкг N/л (дно) при максимуме 3,7 мкг N/л.

Содержание нефтепродуктов в водах Азовского моря было ниже, чем в Таганрогском заливе, в 2 раза и более. Летом концентрации нефтепродуктов значительно возрастали (составляя в среднем 0,220 мг/л) и превышали весенние показатели (составлявшие в среднем 0,032 мг/л) в 10 раз, осенние (средние значения 0,090 мг/л) – в 2,5 раза. В водах Керченского пролива показатели нефтяного загрязнения были выше, чем в водах собственно моря, и изменялись от 0,093 мг/л весной до 0,789 мг/л летом.

Черное море. Весной верхний квазиоднородный перемешанный слой (ВПС) имел мощность до 12–15 м, что характерно для переходного времени года. Наблюдался переход от стратификации зимнего типа, когда ВПС практически сливается с холодным промежуточным слоем (ХПС), который имел мощность 80 м с минимальной температурой 7,50 °С и нижней границей 100–110 м. На глубоководных станциях верхняя граница слоя скачка температуры находилась на глубинах 10–15 м, а нижняя на глубинах 20–25 м, перепад температур составлял в среднем 15,0 °С. Максимальный градиент солености приходился на глубины 80–120 м и достигал 2,0 епс на 20 м глубины. В целом происходило плавное увеличение солености с глубиной, водная масса глубже сезонного слоя скачка по солености была стратифицирована устойчиво. На изменение плотности большее влияние оказывает температура воды, пикноклин с максимальными градиентами плотности отмечался на глубинах 10–20 м, где градиенты температуры были максимальными. Верхняя граница сероводородного слоя находилась на глубинах 120–140 м. Вертикальное распределение фосфатов и нитрат-ионов было сходным – минимальные значения на поверхности и максимальные на глубинах 150–200 м, в среднем 4,6 и 20 мкг/л соответственно. Распределение нитрит-иона было более равномерным и изменялось от аналитического нуля до 7,5 мкг N/л.

В июле на большей части российской акватории ВПС имеет мощность до 20 м, в водах Абхазии – до 40 м, что можно объяснить интенсивным волновым перемешиванием во время штормов в период исследований. ХПС на всей акватории выражен слабо, нижняя его граница не достигнута. Слой скачка температуры на глубоководных станциях находится на глубинах 10–20 м, нижняя граница доходит до 40 м, перепад температур в этом слое значительный и достигает 20 °С. Максимальный градиент солености приходится на сезонный слой скачка и глубины до 20 м и достигает 0,5 епс на 20 м глубины, что не типично для лета. В целом происходит плавное увеличение солености с глубиной. Концентрации биогенных элементов в летний период ниже в 2 раза и более, чем в весенний, за исключением значений концентрации кремния, которые изменялись от 52 до 169 мкг/л, при этом максимум значений приходился на глубины 50–100 м.

В октябре океанографические работы были проведены на мелководье и свале глубин Анапской банки. ВПС имел мощность до 40 м, такое смещение нижней границы ВПС может быть связано с активизацией процессов термической конвекции, а также ветро-волновыми процессами. Выявлен сезонный термоклин, верхняя граница которого является непосредственным продолжением ВПС, а нижняя граница располагается на глубинах 45–60 м. Среднее значение перепада температур в этом слое достигает 7,0 °С, вертикальный градиент температуры составляет 0,27 °С/м. Холодный промежуточный слой (ХПС) зафиксирован

на глубинах 60–120 м, ядро ХПС прослеживается на глубине 90–100 м со значением температуры 7,8 °С. На более глубоководных станциях верхняя граница ХПС находится на глубине в 60–65 м, а нижняя на глубине 105–110 м. По мере увеличения глубины в дальнейшем происходит равномерный рост температуры с градиентом 0,038 °С/м. Слой скачка солености (сезонный галоклин) на глубоководных станциях расположен на глубинах от 40 до 110 м, вертикальный градиент солености составляет 0,037 епс на 70 м глубины. Ниже сезонного галоклина происходило равномерное возрастание солености. Слой скачка плотности располагался в пределах 35–50 м. Выявленная гидрологическая характеристика черноморских вод на участке Анапа – Большой Утриш находится в пределах многолетней изменчивости основных параметров и соответствует осеннему гидрологическому сезону. Экспедиция в октябре была проведена совместно с коллегами из Института океанологии РАН, в рейсе осуществлены испытания новой измерительно-технологической платформы, состоящей из многоканального погружаемого измерительного гидролого-оптико-химического зонда и лебедки с оптико-волоконными линиями связи и питания [7].

В ноябре ВПС имеет мощность 20–40 м, что нормально для этого времени года и объясняется процессами термической конвекции и волновым перемешиванием. ХПС зафиксирован на мористых глубоководных станциях на глубинах 50–120 м (рис. 2) с минимальным значением температуры 8,30 °С. Термоклин на глубоководных станциях имел перепад температуры 10,0 °С, его верхняя граница находилась на глубинах 30–40 м, а нижняя на глубинах 40–50 м. Максимальный градиент солености приходился на сезонный слой скачка и глубины до 40 м, достигая 0,5 епс на 20 м глубины. Пикноклин с максимальными градиентами плотности залегал на глубинах 30–40 м, где градиенты температуры максимальные. Перепад плотности на этих глубинах достигает 4 кг/м^3. Дальнейшее возрастание плотности происходит плавно, в соответствии с ростом солености.

В ноябре распределение концентрации аммонийного иона в верхнем горизонте вод северо-восточной части Черного моря весьма неравномерно и содержит значительные пространственные градиенты (рис. 2). На наш взгляд, подобное явление может быть следствием апвеллинга. Отметим также существенное повышение концентрации аммония на горизонте 150 м и глубже. Концентрация нитрат-иона в водах Черного моря многократно ниже, чем в водах Азовского, и меняется в диапазоне 0,12–5,5 мкг N/л. Подобно нитрит-иону в глубинном распределении нитрат-иона отмечены повышенные концентрации на глубинах 50–150 м. В водах Черного моря распределение форм азота по глубине имеет важную особенность – значительный рост доли минерального азота (до 47%) за счет увеличения концентрации аммония с приближением к сероводородной зоне. В фотической зоне моря (до глубины 50 м) отмечается обычное для продукционного слоя состояние вод – доля минеральных форм изменяется в пределах 1,4–5,9%. В поверхностном слое вод Черного моря содержание NO_2^- заметно ниже, чем в Азовском, в среднем составляет 0,46 мкгN/л, что свидетельствует о более низкой активности продуцентов в Черном море. На глубинах 50 и 150 м отмечены повышенные концентрации нитрит-иона – выше 1 мкгN/л, что может быть связано с активностью фитопланктона на этих горизонтах.

В поверхностном горизонте вод Черного моря отмечены низкие концентрации фосфора (0–3 мкгР/л). На глубине 100 м концентрация фосфора существенно повышена и далее увеличивается с глубиной, что, вероятно, связано с накоплением оседающего органического вещества и последующей бактериальной минерализацией в анаэробной зоне [18]. В фотической зоне вод Черного моря отмечено аналогичное распределение форм фосфора – около 1,0 мкг Р/л минеральной формы и 9,0 мкг Р/л органической. Глубинное распределение форм фосфора свидетельствует, что в анаэробной зоне Черного моря происходит активная деструкция органического вещества и регенерация минеральных форм биогенных элементов [18]. О степени деструкции органического вещества можно судить по соотношению форм фосфора: подавляющая часть общего фосфора относится к минеральной форме, доля органической невелика. Таким образом, на глубинах 100 м и ниже черноморские воды содержат существенный запас минерального фосфора, перенос которого в фотическую зону возможен при апвеллинге.

В поверхностном горизонте вод северо-восточной части Черного моря распределение кремния весьма неравномерное и меняется в пределах 1,8–53 мкг Si/л (среднее 27,6 мкг Si/л). Неравномерность распределения кремния может быть следствием глубинного подъема вод или вегетации диатомовых водорослей [18]. Вертикальное распределение кремния аналогично распределению аммония и фосфора, его концентрация значительно увеличивается с глубиной (рис. 2).

Наибольшие концентрации нефтепродуктов в течение года характерны для акватории Черного моря в районах Новороссийска и Туапсе (0,015–4,90 мг/л), где имеются крупные нефтяные порты

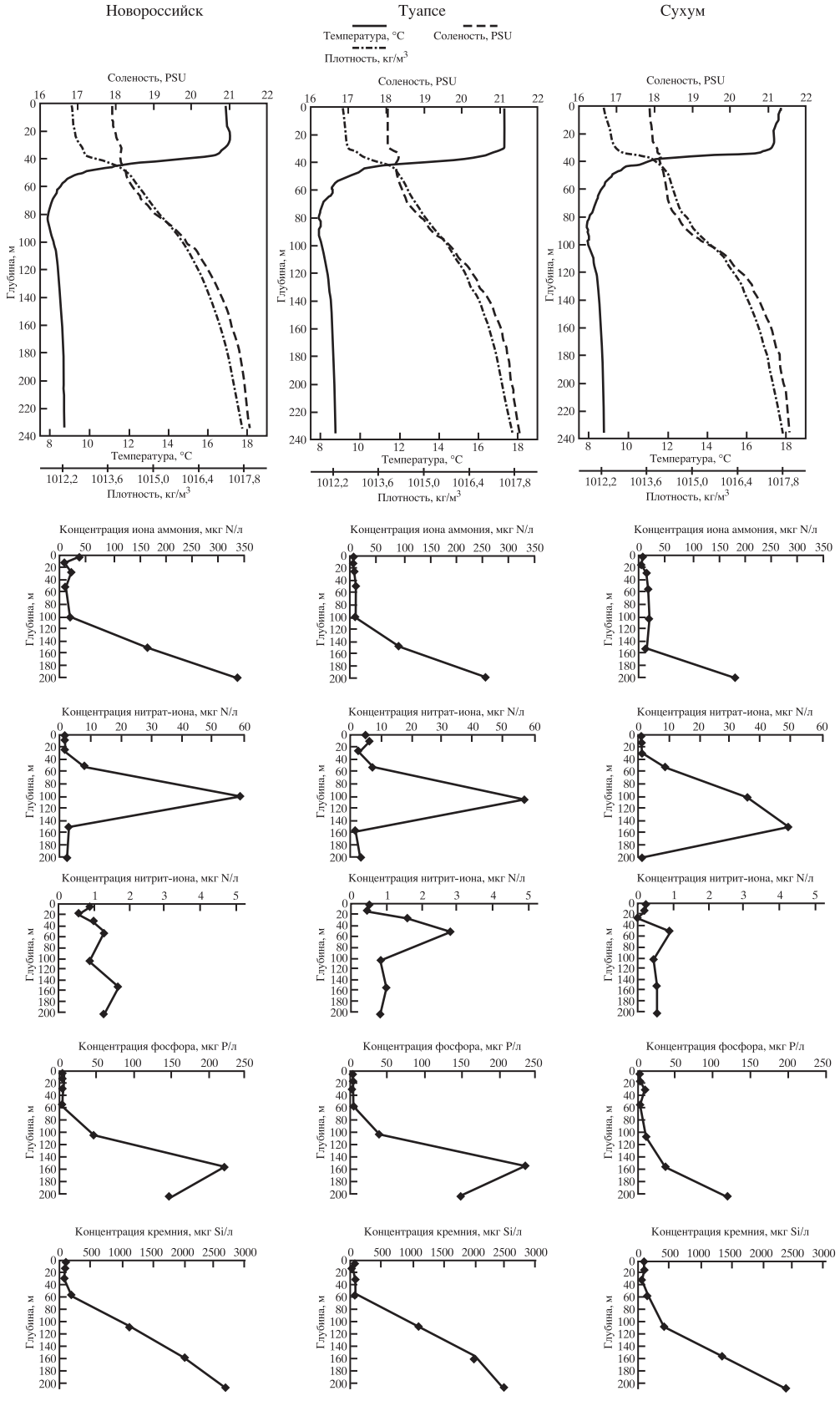

Рис. 2. Глубоководные вертикальные гидролого-гидрохимические профили в районах Новороссийска, Туапсе и Сухума

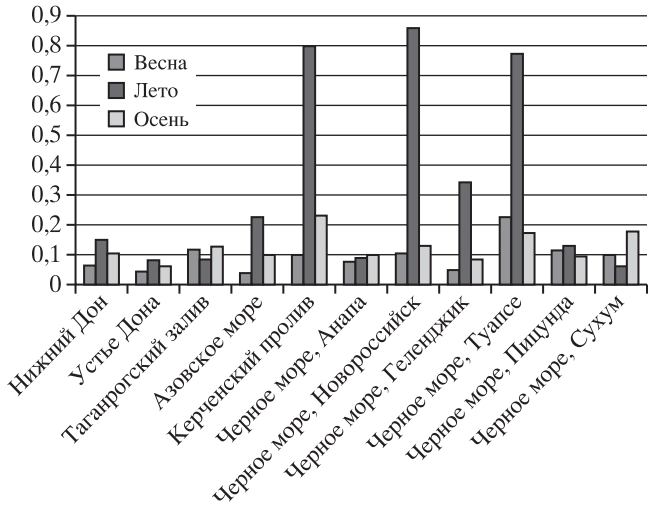

Рис. 3. Средняя концентрация углеводородов нефти в водах Азовского и Черного морей в 2013 г.

и наиболее напряженный трафик морских перевозок нефти (рис. 3). Курортные акватории Анапы и Геленджика значительно чище в весенний период (максимальные концентрации нефтепродуктов не превышают 0,68 мг/л); летом и осенью концентрация углеводородов нефти возрастает в два и более раза. В Абхазии выявлены относительно низкие уровни загрязнения, но активное судоходство, рыбный промысел и трансграничный перенос из Грузии приводят к увеличению уровня загрязнения (до 0,292 мг/л), особенно в весенний период. Отметим, что уровень загрязнения углеводородами нефти выше допустимых концентраций на всей обследованной акватории от Нижнего Дона и Керченского пролива и до Анапы и Сухума.

Рост содержания углеводородов нефти в водах Азовского и Черного морей – негативный тренд последних лет [16, 19–20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Режим биогенных элементов в водах Азовского моря в значительной степени зависит от короткопериодных погодных явлений, когда нарушается структура внутренних химических и биологических процессов в водоеме. Эти явления затрагивают всю толщу вод, море "живёт" от шторма до шторма. Показано, что в позднеосенний период концентрации аммонийного иона и нитрит-иона могут значительно изменяться (в десятки раз) в течение короткого периода (несколько суток).

В Черном море погодные условия затрагивают верхнюю толщу вод и обусловливают вертикальный обмен вод, богатые биогенными элементами глубинные воды поступают в фотическую зону, обеспечивая продукционные процессы. Высокие концентрации биогенных элементов в поверхностном слое Черного моря могут быть следствием апвеллинга, проявляющегося как в прибрежной зоне, так и центральной части моря. Выявлено, что значительный запас потребляемых гидробионтами биогенных элементов законсервирован в органическом веществе. Полученные закономерности вертикального распределения минеральных и органических форм азота и фосфора показывают, что в глубинной анаэробной зоне Черного моря происходит преобразование органического вещества, связанное с его глубокой деструкцией и высвобождением минеральных форм биогенных элементов. Выявлено, что на глубинах 100 м и ниже черноморские воды содержат существенный запас минерального фосфора, перенос которого в фотическую зону возможен при апвеллинге.

Наибольшие концентрации нефтепродуктов в течение года характерны для акватории Черного моря в районах Новороссийска и Туапсе (0,015–4,90 мг/л), где имеются крупные нефтяные порты и наиболее напряженный трафик морских перевозок нефти. Курортные акватории Анапы и Геленджика и вод Республики Абхазия значительно чище. Уровень загрязнения углеводородами нефти выше допустимых концентраций на всей обследованной акватории от Нижнего Дона и Керченского пролива и до Анапы и Сухума. В современный период наблюдается рост уровня нефтяного загрязнения (концентрация нефтепродуктов 0,58–0,69 г/кг сухой массы) донных отложений Таганрогского залива, приближающейся к уровню 1990-х гг., максимальные концентрации отмечены в западной части залива, в районе порта Мариуполь.

Авторы благодарят капитанов и команды научно-исследовательских суден "Денеб", "Профессор Панов", участников морских экспедиций.

Исследования проведены в рамках проектов "Анализ динамики природных систем на основе мегабаз данных за многолетний (XIX–XX века) период наблюдений для выявления и прогнозирования экстремальных природных феноменов, опасных для социально-экономического развития густонаселенных территорий юга России" (№ 01201450487), RFMEFI60414X0050 "Разработка компьютерной системы оперативного прогнозирования опасных природных явлений в бассейне, береговой зоне и акватории Азовского моря", RFMEFI60714X0059 "Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова, на основе спутниковых и контактных данных".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. 2007. Морская экспедиционная деятельность Южного научного центра РАН в 2004–2005 гг. *Океанология*. 47 (3): 469–472.
2. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В., Аксёнов Д.С. 2009. Комплексные исследования Азовского, Черного и Каспийского морей на НИС “Денеб” в 2007 г. *Океанология*. 49 (2): 313–319.
3. Матишов Г.Г., Степаньян О.В. 2012. Научно-исследовательское судно “Профессор Панов”: 10 лет морских экспедиционных исследований. *Вестник Южного научного центра*. 8 (2): 91–93.
4. Матишов Г.Г., Степаньян О.В. 2012. Научно-исследовательское судно “Денеб”: 5 лет морских экспедиционных исследований. *Вестник Южного научного центра*. 8 (3): 92–96.
5. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Степаньян О.В. 2013. Морские экспедиционные исследования Южного научного центра РАН и Института аридных зон на научно-исследовательском судне “Денеб” в 2008–2011 гг. *Океанология*. 53 (2): 276–278.
6. Матишов Г.Г., Набоженко М.В., Шохин И.В., Золотарева А.Е., Булышева Н.И., Сёмин В.Л., Польшин В.В., Поважный В.В., Вербицкий Р.Е., Вербицкий Е.В., Сапожников Ф.В., Спиридонов В.А., Залота А.К. 2013. Комплексные исследования в Черном и Азовском морях летом 2012 г. *Океанология*. 53 (3): 418–420.
7. Смирнов Г.В., Матишов Г.Г., Аистов Е.А., Оленин А.Л., Григоренко К.С., Степаньян О.В. 2014. Морские испытания многоканальной измерительно-технологической платформы. *Вестник Южного научного центра.* 10 (3): 54–60.
8. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Григоренко К.С., Харьковский В.М., Поважный В.В., Польшин В.В., Сойер В.Г. 2015. Морские исследования Южного научного центра РАН на научно-исследовательских судах “Денеб” и “Профессор Панов” в 2013 г. *Океанология*. 55 (5) (в печати).
9. Кукса В.И., Гаргопа Ю.М. 2004. Современная оценка гидрологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. *Водные ресурсы*. 31 (4): 489–495.
10. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М. 2005. Внутривековые флуктуации термохалинской структуры и биопродуктивности Азовского моря в условиях глобальных изменений климата и антропогенных воздействий. *Вестник Южного научного центра*. 1 (3): 43–50.
11. Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. 2006. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море. М., Наука: 304 с.
12. Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М. 2008. Климатогенные изменения экосистем южных морей в условиях антропогенных воздействий. *Известия РАН. Сер. геогр*. 3: 26–34.
13. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Поважный В.В., Ковалева Г.В., Кренева К.В. 2007. Функционирование экосистемы Азовского моря в зимний период. *Доклады АН*. 413 (1): 112–115.
14. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Ковалева Г.В., Поважный В.В., Кренева К.В. 2012. Особенности структуры пелагической экосистемы Азовского моря в условиях аномально холодной зимы 2005–2006 гг. *Вестник Южного научного центра*. 8 (4): 66–75.
15. Матишов Г.Г., Степаньян О.В. 2013. В Азовском море и зимой кипит жизнь. *Природа*. 3: 20–23.
16. Матишов Г.Г., Степаньян О.В., Харьковский В.М., Сойер В.Г. 2014. Современные данные по загрязнению Азовского и Чёрного морей углеводородами нефти. *Вестник Южного научного центра*. 10 (4): 49–52.
17. Клёнкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. 2007. *Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение*. Краснодар, АзНИИРХ: 324 с.
18. Sorokin Yu.I. 2002. *Black Sea Ecology and Oceanography*. Amsterdam, Backhaus Publishers: 875 p.
19. Ларин А.А., Павленко Л.Ф., Скрыпник Г.В., Корпакова И.Г. 2011. Загрязнение прибрежной акватории российского Причерноморья нефтяными компонентами. *Морской экологический журнал*. (Спец. вып. 2): 49–55.
20. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. 2014. Нефтяные компоненты в устьевой области р. Дон и в Азовском море (результаты многолетних исследований). *Водные ресурсы*. 41 (1): 49–59.

SPECIFIC FEATURES OF HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CONDITIONS OF THE SEA OF AZOV AND THE BLACK SEA IN 2013

Academician RAS G.G. Matishov, O.V. Stepanyan, K.S. Grigorenko, V.M. Kharkovskiy, V.V. Povazhnyi, V.G. Soier

The results of integrated hydrological-hydrochemical studies in the Sea of Azov and Black Sea in 2013 are presented in the paper. It has been ascertained that the mode of nutrients in the water of the Sea of Azov substantially depends on the short-period weather phenomena when the structure of internal chemical and biological processes in the water body is disturbed. These phenomena cover the entire thickness of water, the sea "lives" from a storm to a storm. It is indicated that during the late autumn period the indices of ammonium and nitrite ion can considerably change within a short period (several days). The weather conditions in the Black Sea influence the upper layer of water thickness and condition a vertical water exchange when deep waters rich in nutrients enter a photic zone, providing production processes. High concentrations of nutrients in the surface layer of the Black Sea can be a consequence of the upwelling which is manifested both in a coastal zone and the central part of the sea. It has been ascertained that the considerable stock of the nutrients consumed by hydrobionts is preserved in organic matter. The received regularities of vertical distribution of mineral and organic forms of nitrogen and phosphorus indicate that transformation of organic matter connected with its deep destruction and release of mineral forms of nutrients takes place in a deep anaerobic zone of the Black Sea. It has been ascertained that at depths of 100 m and below the Black Sea waters contain an essential reserve of mineral phosphorus which transfer to a photic zone is possible in case of upwelling. The highest concentrations of oil products within a year are characteristic of the Black Sea water area in the areas of Novorossiysk and Tuapse (0.015–4.90 mg/l) with large oil ports and the most intense shipping of oil. Resort water areas of Anapa and Gelendzhik and of the Republic of Abkhazia are much purer. The level of contamination with oil hydrocarbons is higher than allowable concentrations in the entire surveyed water area from the Lower Don and the Kerch Strait to Anapa and Sukhumi. The increase of oil pollution (0.58–0.69 g/kg of dry weight) of the Taganrog Bay bottom sediments is observed during the current period of time reaching the level of the 1990s, with the maximum concentrations being registered in the western part of the bay, in the area of the port of Mariupol.

Keywords: Sea of Azov, Black Sea, hydrology, hydrochemistry, nutrients, oil hydrocarbons, pollution.