

А.Н.Коршенко

Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова, г.Москва

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОД ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рассмотрена система государственного мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морских вод в пределах территориальных вод РФ, осуществляемая региональными подразделениями Росгидромета. Описано пространственное положение районов контроля, частота отбора проб и набор контролируемых параметров. Выявлены тренды гидрохимических характеристик, включая биогенные элементы, в прибрежных водах за последнее десятилетие. Показана многолетняя динамика приоритетных загрязняющих веществ и нефтяных углеводородов в районах потенциальной опасности у портов и крупных городов региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *мониторинг, гидрохимия, загрязнение, многолетняя динамика.*

В соответствии с законодательством Российской Федерации, как определено постановлением Правительства Российской Федерации от 23 июля 2004 г. № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» с изменениями согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 29 мая 2008 года № 404 [1, 2], Росгидромет является федеральным органом исполнительной власти, в числе прочих осуществляющим функции по оказанию государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей среды и ее загрязнения. В указанной сфере деятельности среди других задач Росгидромет обеспечивает выполнение обязательств Российской Федерации по международным договорам и Конвенциям по охране морей от загрязнения. Одними из наиболее важных принципов работы гидрометслужбы являются глобальность и непрерывность наблюдений за состоянием окружающей среды, ее загрязнением; а также единство и сопоставимость методов сбора, обработки, хранения и распространения полученной в результате наблюдений информации. Считается крайне важным проводить интеграцию с внутригосударственными и международными системами мониторинга окружающей среды, повышать эффективность использования информации о ее фактическом и прогнозируемом состоянии, а также обеспечивать достоверность и доступность информации о состоянии окружающей среды и ее загрязнении. В числе прочих практических задач Росгидромета отдельным пунктом стоит обеспечение государственного мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды континентального шельфа РФ.

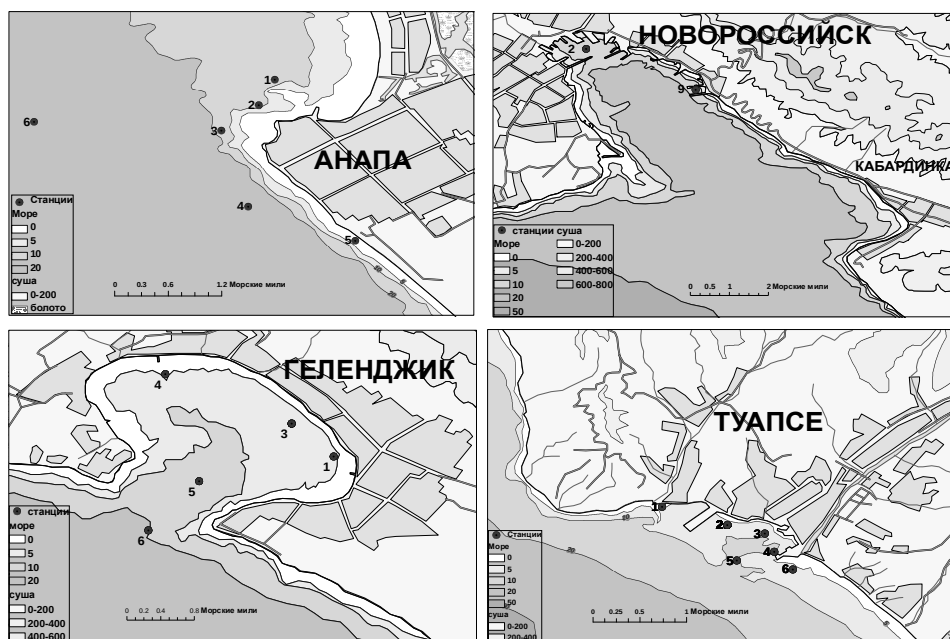
На Черном море выполнение функции контроля гидрохимических параметров и уровня загрязнения вод в рамках Росгидромета возложены на две базовые лаборатории – Гидрометеорологическая станция г.Туапсе (ГМБ Туапсе), входящая в состав Краснодарского ЦГМС Северо-Кавказского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу (СК УГМС) и Специализированный Центр по гидрометеоро-

© А.Н.Коршенко, 2013

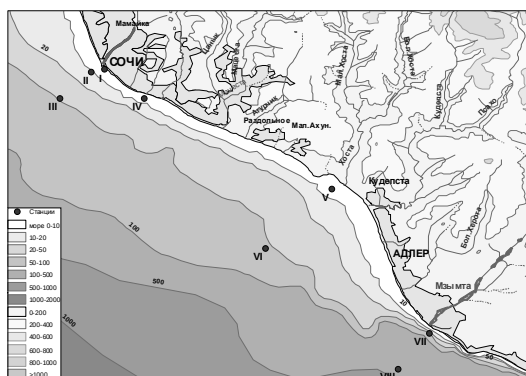
логии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г.Сочи). Обе организации выполняют наблюдения в прибрежной зоне российской части Черного моря по стандартной гидрохимии и загрязнению морских вод. Наблюдения за уровнем загрязнения донных отложений, поверхностного микрослоя и аэрозолей, а также представителей флоры и фауны не входят в программу государственного мониторинга [3].

Наблюдения за состоянием морской среды в рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГСН) ГМБ Туапсе выполняет четыре раза в год в прибрежных водах в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе (рис.1).

На станции штормовой информации в порту Туапсе отбор проб проводится каждые десять дней в течение всего года. Пробы воды отбираются из приповерхностного слоя на мелководных прибрежных станциях с использованием арендованных маломерных плавсредств или с головы пирса. В состав наблюдений обычно входит определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S ‰, водородный показатель pH, растворенный кислород O_2 методом Винклера, щелочность Alk), концентрации биогенных элементов (фосфатов PO_4 , аммонийного азота, нитритов NO_2 и силикатов SiO_3) и загрязняющих веществ – НУ, СПАВ, ХОП и растворенной в воде ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производится четырёххлористым углеродом, пестицидов – гексаном. Нефтяные углеводороды определяются ИКС-методом на приборе КН-2 (концентраномер). Определение концентрации хлорорганических пестицидов (газожидкостная хроматография) и растворённой ртути (поглощение УФ) производится в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.



Р и с . 1 . Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря (ГМБ Туапсе).



Р и с . 2 . Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Адлер.

В южной части российских вод в прибрежной зоне между устьями рек Мзымта и Сочи Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды СЦГМС ЧАМ гидрохимические съемки проводятся с борта арендованного малого судна по 32 показателям на 8 станциях (рис.2). В районе г.Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I), вторая в устье реки Сочи и загрязняется ее стоком (II), третья располо-

жена на траверзе реки, но удалена от берега на 2 морские мили и поэтому может считаться условно чистой зоной (III). Южнее две прибрежные станции в устье ручья Малый (IV) и устье реки Хоста (V) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р.Хоста (VI). В районе Адлера одна станция (VII) также расположена на мелководье (глубина 6 м) немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 950 м).

Пробы воды отбираются батометрами на мелководных станциях из поверхностного и придонного слоев, на глубоких станциях – со стандартных гидрологических горизонтов 0, 10, 15, 25 и 50 м. На борту судна обычно определяется окислительно-восстановительный потенциал морской воды, электропроводность, соленость, хлорность, щелочность, рН, взвешенные вещества, кислород, аммонийный азот, фосфаты, кремний, нитраты; производится экстракция нефтяных углеводородов четырёххлористым углеродом, пестицидов гексаном и СПАВ хлороформом, консервация проб на определение металлов – свинца, ртути, железа. Последующий анализ экстрактов и проведение анализов на содержание в пробах остальных наблюдаемых ингредиентов проводится в стационарной береговой лаборатории.

Полученные результаты обеих лабораторий заносились в электронные таблички *MS Excel*, в результате чего были сформированы массивы данных мониторинга с 1996 по 2012 гг. для ГМБ Туапсе и 2002 – 2012 гг. для СЦГМС ЧАМ. В дальнейшем данные были занесены в реляционную базу данных в СУБД *PostgreSQL*. БД «Гидрохимическое состояние и загрязнение морей РФ» (номер государственной регистрации № 2012620370, зарегистрирована 19 апреля 2012 г., авторы Коршенко А.Н., Коновалов М.Л., http://pollut.oceanography.ru/nos/1/net_nos.html – сеть, <http://pollut.oceanography.ru/nos/1/> – моря, регионы, точки отбора; сокращенно БД «Загрязнение») была разработана и размещена на сайте ФГБУ «ГОИН» в он-лайн доступе. Открытый доступ к базе через интернет позволяет получать исходную необработанную информацию по основным гидрохимическим параметрам и концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ, а также справочную административно-хозяйственную информации о гидрохимических лабораториях морской сети Росгидромета.

Результаты многолетнего мониторинга на фиксированных в пространстве точках позволяют выявить динамику отдельных параметров морской среды. Несмотря на относительно небольшой набор контролируемых параметров, появилась возможность оценить изменчивость среднегодовых значений для отдельных районов контроля на акватории крупных портов или вблизи них. Поскольку на 5 – 6 станциях в каждом локальном прибрежном районе характеристики были очень близкими, то для выявления межгодовой динамики была выбрана средняя величина по всем станциям участков около Анапы, Новороссийска, Геленджика, Туапсе и Сочи-Адлера.

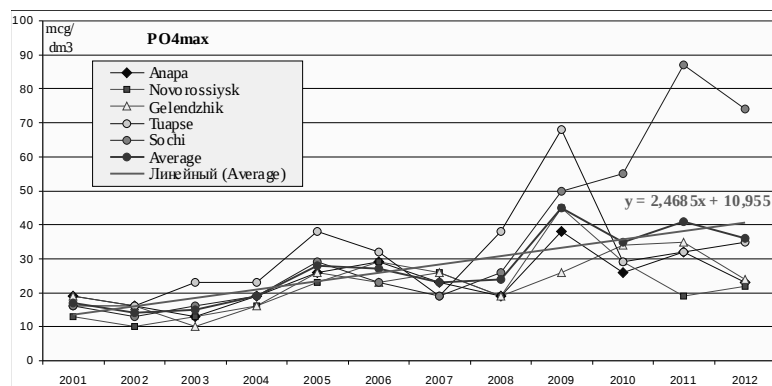
Наиболее показательной для понимания динамики гидрохимических процессов в прибрежных водах восточной части моря представляется многолетняя изменчивость содержания фосфатов. За десятилетний период XXI в. максимальная зафиксированная концентрация в районах контроля показывала устойчивый повышательный тренд (рис.3). Для всей российской части моря повышение усредненных максимальных значений описывается линейным уравнением $y = 2,4685x + 10,955$. Наиболее существенный рост наблюдался в последние три года в районе Сочи-Адлера, где пробы были отобраны не только непосредственно на мелководье у берега, но и часть на глубоких станциях на удалении 2 морские мили от берега.

Аналогичный повышательный тренд прослеживается и по средним значениям фосфатного фосфора, однако наклон линии существенно ниже ($y = 0,606x + 7,7402$) и в противоположность максимальным величинам в районе Сочи средняя концентрация была даже ниже остальных контролируемых участков (рис.4).

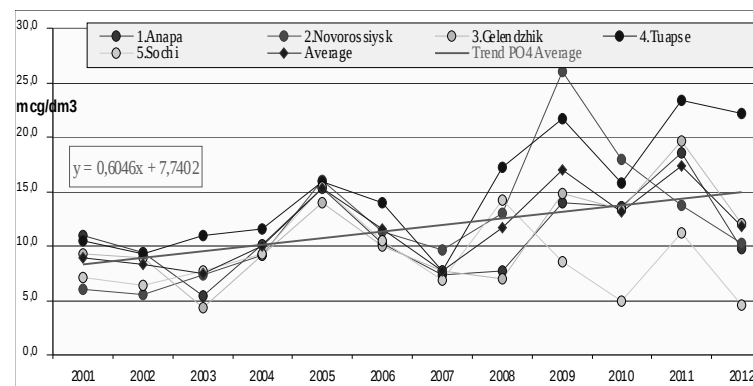
По данным 2012 г. можно проследить две причины таких больших различий в средних и максимальных значениях концентрации фосфатов в водах этого участка черноморского побережья. Все пробы с их содержанием выше среднего по всему российскому участку (примерно $15,0 \text{ мкг/дм}^3$) были отобраны из поверхностного слоя вод в устьях рек Мзымты, Сочи и ручья Малый в пределах г. Сочи, а самые высокие – $74,4$ и $46,4 \text{ мкг/дм}^3$ в подповерхностных водах на глубине $55 - 58$ м на траверзе рек Сочи и Хоста в 2 морских милях от берега. К очевидному источнику биогенных элементов, поступающих к поверхности с глубинными водами, на самом южном участке российской акватории присоединяется сток рек. В этот же год на остальных станциях района в большинство проб концентрация фосфатов была ниже предела обнаружения (31 проба из 48 проанализированных) или близка к нему ($0,1 - 4,3 \text{ мкг/дм}^3$).

Противоположная по знаку тенденция была определена для концентрации различных форм другого биогенного элемента – азота. Средняя величина содержания нитритного азота по всему восточному побережью Черного моря снизилась за 15 лет примерно на треть, однако в целом величины очень невысокие и вследствие этого допустима большая ошибка (рис.5).

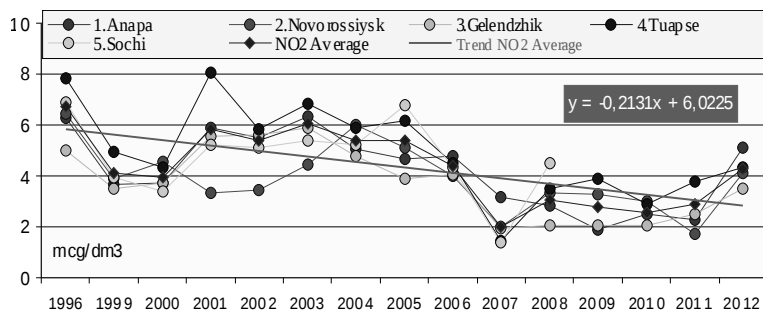
В Сочинском районе побережья в последнее десятилетие также наблюдалось снижение среднегодовой концентрации нитритного ($- 0,24x + 19,79$), нитратного ($- 0,33x + 22,59$) и аммонийного азота ($- 0,03x + 1,07$), однако зафиксированная скорость изменений была значительно ниже, чем на участках побережья севернее (рис.6).



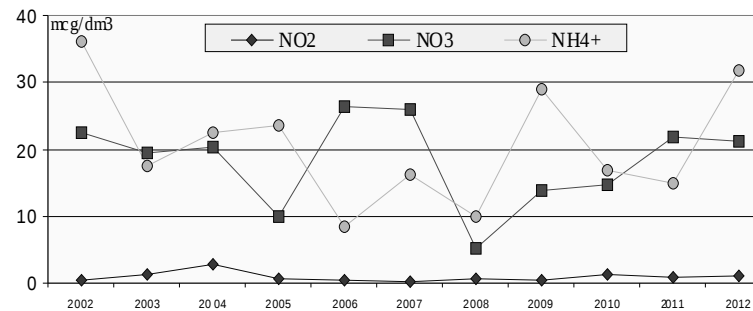
Р и с . 3. Динамика максимальной концентрации фосфатного фосфора $P-PO_4$ (мкг/дм³) в прибрежных водах российской части Черного моря в 2001 – 2012 гг.



Р и с . 4. Динамика средней концентрации фосфатного фосфора $P-PO_4$ (мкг/дм³) в прибрежных водах российской части Черного моря в 2001 – 2012 гг.



Р и с . 5. Динамика средней концентрации нитритного азота $N-NO_2$ (мкг/дм³) в прибрежных водах российской части Черного моря в 1996 – 2012 гг.



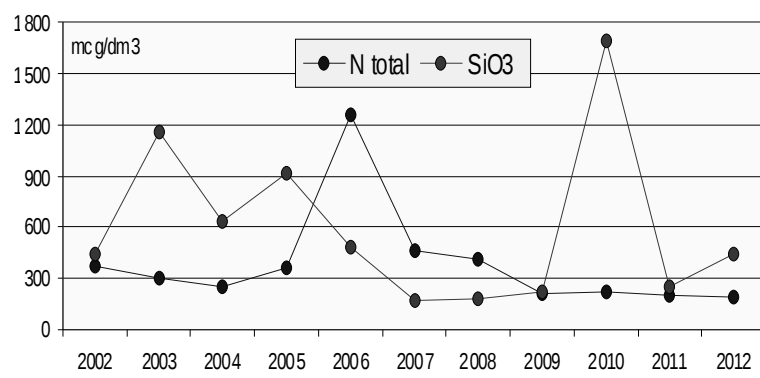
Р и с . 6. Динамика средней концентрации нитритного, нитратного и аммонийного азота (мкг/дм³) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2002 – 2012 гг.

До некоторой степени на результате могло сказаться и различие в источниках информации, поскольку интеркалибрации стандартных методик определения форм биогенных элементов в морской воде, рекомендованных для применения на сети мониторинга [4], между двумя лабораториями в Туапсе и Сочи не проводилось. Можно допустить наличие некоторой систематической погрешности в результатах даже при применении стандартных методов. В частности, в районе Адлера-Сочи общий уровень содержания нитритного азота существенно ниже значений на участках побережья севернее.

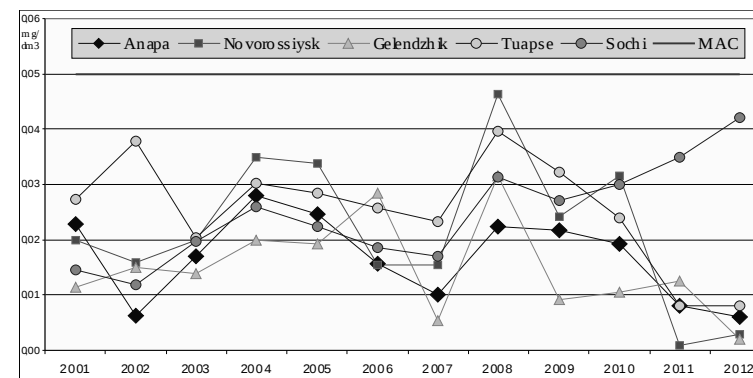
Представленные в морской воде в более высокой концентрации общий азот ($-23,49x + 527,54$) и силикаты ($-19,375x + 715,87$) показывают аналогичный понижающий тренд в водах района между устьями рек Мзымта и Сочи, однако в отдельные годы было отмечено резкое повышение их содержания (рис.7). Пик среднегодовой концентрации силикатов в 2010 г. был обусловлен не только большими значениями в эстуарных участках рек района в конце февраля (до 11264 мкг/дм^3), но и рядом высоких величин на поверхностном горизонте вод в августе и октябре. И хотя максимум в этом году значительно уступал наибольшей величине (21261 мкг/дм^3 в октябре 2003 г.), однако высокие значения в целом ряде проб суммарно обусловили пик 2010 г. Высокое содержание общего азота в 2006 г. в целом определялось повышенными величинами в течение всего периода наблюдений, однако наибольшее количество проб со значениями более 2000 мкг/дм^3 (9 из 14), включая максимум 3443 мкг/дм^3 , было отобрано на траверзе в 2 милях от берега или в устье реки Хоста. Таким образом, данные многолетнего мониторинга прибрежных вод российской части Черного моря показывают значительный повышательный тренд содержания неорганического фосфора в поверхностном слое вод при одновременном незначительном снижении концентрации всех форм азота и кремниевой кислоты.

Среди загрязняющих веществ в водной среде наиболее приоритетными для прибрежных вод Черного моря является нефть и нефтепродукты, значение которых возрастает в последние годы в связи с ростом транспортировки углеводородного сырья из Азовского моря и из перевалочных пунктов на берегах Черного – в Шесхарисе, Туапсе и др. В целом анализ нефти и нефтепродуктов в воде можно осуществлять дифференциальными (газожидкостная хроматография, хроматомасс-спектрометрия) или интегральными (УФ-, ИК-спектрофотометрия, спектрофлуориметрия) методами, причем интегральные методы проще и удобнее для проведения наблюдений за состоянием нефтяного загрязнения водоемов. Поскольку главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов ее переработки составляют неполярные и малополярные углеводороды (НУ), не сорбирующиеся на оксиде алюминия, их определение в морской воде с помощью методики ИКС было принято в качестве стандартного для сети мониторинга [4].

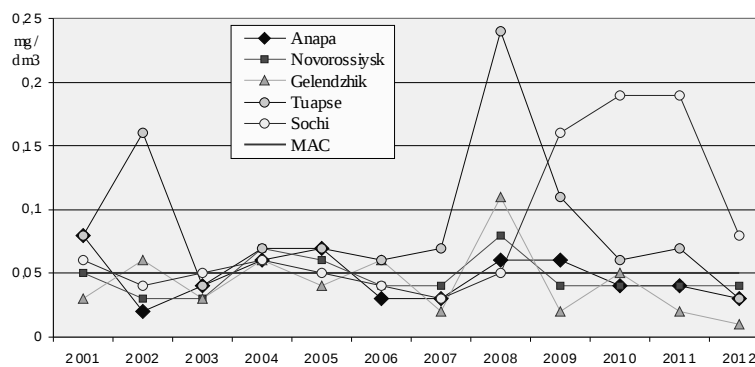
В целом все основные порты российской части Черного моря являются сильно загрязненными суммарным количеством НУ (рис.8). Средняя по районам концентрация во всех контролируемых портах и бухтах в последнем десятилетии не достигала 1 ПДК, а в последние два года существенно снизилась во всех участках, за исключением побережья Сочи-Адлер. Обычно среднегодовые величины изменялись в узком диапазоне значений от $0,01$ до $0,04 \text{ мг/дм}^3$.



Р и с . 7 . Динамика средней концентрации общего азота и силикатов (мкг/дм^3) в прибрежных водах российской части Черного моря в 2002 – 2012 гг.



Р и с . 8 . Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах российской части Черного моря в 2001 – 2012 гг.



Р и с . 9 . Динамика максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах российской части Черного моря в 2001 – 2012 гг.

Однако хорошо известно, что нефтяное загрязнение морской среды чаще всего носит случайный и кратковременный характер. После попадания некоторого количества нефтепродуктов в море, например в случае аварийного разлива или дождевого смыва с загрязненного берега или улиц города, происходит быстрое выветривание, разложение или оседание на дно нефтепродуктов, вследствие чего их содержание на поверхности или в толще вод быстро снижается до обычного для водоема фона углеводородов естественного происхождения. Поэтому максимальные значения НУ значительно лучше отражают частоту загрязнения вод (рис.9).

Наибольшие за год зафиксированные значения почти во всех районах контроля варьируют в районе 1 ПДК, однако в последние 4 года максимальная концентрация НУ в водах побережья между Мзымтой и Сочи была существенно выше. Загрязнение района, по-видимому, носит широко распространенный характер, поскольку максимальная концентрация в пробах была отмечена как в придонном слое вод порта Сочи на глубине 7 м ($0,16 \text{ мг/дм}^3$, 31 марта 2009 г.), так и на расстоянии двух морских миль от берега на траверзе ($0,19 \text{ мг/дм}^3$, 19 октября 2010 г., глубина 50 м; $0,19 \text{ мг/дм}^3$, 17 марта 2011 г., глубина 50 м) и в устье реки Мзымта ($0,08 \text{ мг/дм}^3$, 4 июня 2012 г., поверхность). Широкое распространение НУ на акватории района могло быть связано с интенсификацией перевозок грузов морских путем для строительства олимпийских объектов. Не исключена возможность и интенсивного трансграничного переноса из более южных прибрежных районов восточного берега моря доминирующим течением ОЧТ, однако этот вопрос по существующим данным мониторинга не может быть решен и требует дальнейшего специального исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Постановление* Правительства Российской Федерации от 23 июля 2004 года № 372 «О Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».
2. *Постановление* Правительства Российской Федерации от 29 мая 2008 года № 404.
3. *Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010 / Под ред. Коршенко А.Н.* – Обнинск: Артифлекс, 2011. – 196 с.
4. *Руководство по химическому анализу морских вод.* РД 52.10.243-92 / Под ред. С.Г.Орадовского. – СПб: Гидрометеиздат, 1993. – 264 с.

Материал поступил в редакцию 16.08.2013 г.

АНОТАЦІЯ Розглянуто систему державного моніторингу гідрохімічного стану та рівня забруднення морських вод в межах територіальних вод РФ, здійснювана регіональними підрозділами Росгідромету. Описано просторове положення районів контролю, частота відбору проб і набір контрольованих параметрів. Виявлено тренди гідрохімічних характеристик, включаючи біогенні елементи, в прибережних водах за останнє десятиліття. Показана багаторічна динаміка пріоритетних забруднюючих речовин і нафтових вуглеводнів в районах потенційної небезпеки біля портів і великих міст регіону.

ABSTRACT The state monitoring system of marine waters of the Azov and Black Seas established by Roshydromet were described. The stations position, frequency and list of measured parameters performed by Hydrometeorological Bureau of Tuapse (HMB

Tuapse) and Special Center on Hydrometeorology and Monitoring of Environment of the Black and Azov Seas (SCHME BAS, Sochi) were presented. The long-term data on standard hydrochemistry including nutrients and main pollutants in the water were collected in the on-line database at the State Oceanographic Institute server and used for trends assessment. It was shown significant increasing trend for inorganic phosphorus – phosphates within last decade in the coastal waters of eastern part of the Black Sea and simultaneously slight decreasing trends for all other nutrients – silicates, nitrites, nitrates, ammonia and total nitrogen. Among pollutants the petroleum hydrocarbons were considered as most important substance due to intensification of their transportation by sea and active built of Olympic constructions. There no visible trend in last decade on annual averages or maximal values of total petroleum hydrocarbons (TPHs) concentration. Meanwhile in some years in Tuapse waters and last 4 years in area of Large Sochi the large peaks of high TPHs concentration were registered. The typical annual averages somehow lower then Maximum Allowed Concentration of 0.05 mg/dm^3 , but maximums reached the level of 0.19 mg/dm^3 (3.8 MAC). No difference was found between upper and near-bottom layers in TPHs content.