

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каевицер В.И., Разманов В.М., Кривцов А.П. и др.* Дистанционное зондирование морского дна акустическими сигналами с линейной частотной модуляцией // Радиотехника. – 2008. – № 8. – С. 35-42.
2. *Гуляев Ю.В., Захаров А.И., Каевицер В.И.* Дистанционные измерения вариаций скорости звука в донных отложениях по данным акустического профилирования. – ДАН. – Т. 413, № 2. – С. 207-210.
3. *Шнюков Е.Ф., Соболевский Ю.В., Гнатенко Г.И. и др.* Грязевые вулканы Керченско-Таманской области. – Киев, 1986. – 150 с.
4. *Мерклин Л.Р., Тарасов С.П., Тимошенко В.И.* Эхо-спектроскопия придонных геологических слоев параметрическим гидролокатором // Океанология АН СССР. Приборы и методы исследований. – 1990. – Т. 30. – Вып. 2. – С. 25-28.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор С.П. Тарасов.

Каевицер Владилен Иосифович – ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН; e-mail: ilia@ire.rssi.ru; 141190, Московская обл., г. Фрязино, пл. акад. Б.А. Введенского, 1; тел.: 84965652451; зам. директора; д.т.н.

Разманов Владимир Михайлович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; к.ф.-м.н.; с.н.с.

Смолянинов Илья Вячеславович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; н.с.

Элбакидзе Андрей Владимирович – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; с.н.с.

Kaevitser Vladilen Iosifovich – Kotel'nikov Institute of Radio Engineering and Electronics of RAS; e-mail: ilia@ire.rssi.ru; 1, Vvedensky sq., Moscow reg., Fрязино, 141190, Russia; phone: +74965652451; deputy director; dr. of eng. sc.

Razmanov Vladimir Mixajlovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; senior scientist; cand. of phis.-math. sc.

Smolyaninov Ilya Vyacheslavovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; research associate.

Elbakidze Andrej Vladimirovich – e-mail: ilia@ire.rssi.ru; senior scientist.

УДК 504.4.054.546.47

А.И. Забалуева, Н.К. Плуготаренко, А.И. Бахмацкая

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОД ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА

Одним из наиболее актуальных вопросов экологического состояния водных бассейнов был и остается вопрос техногенного загрязнения водоемов. Данная статья рассматривает проблемы загрязнения водных объектов на примере Азовского моря, являющегося уникальным по многим параметрам, внутренним водоемом. Выделены основные источники загрязнения вод. Одним из источников загрязнения вод, являются тяжёлые металлы. В качестве примера приведены основные концентрации тяжёлых металлов в водах Таганрогского залива за 2011 год. По разработанной модели качества вод Таганрогского залива сделаны выводы о состоянии качества воды в Таганрогском заливе

Экологический мониторинг; качество вод; тяжёлые металлы; предельно допустимая концентрация.

A.I. Zabalueva, N.K. Plugotarenko, A.I. Bahmatskaya

EVALUATION OF WATER QUALITY GULF OF TAGANROG

One of the most pressing issues of the ecological state of water bodies has been the question of man-made pollution of water bodies. This article considers the problem of water pollution on the example of the Sea of Azov, which is unique in many ways, inland body of water. The basic

sources of water pollution. One of the sources of water pollution are heavy metals. As an example, the main concentrations of heavy metals in the waters of the Gulf of Taganrog in 2011. According to the developed model of water quality Taganrog Bay conclusions about the state of water quality in the Gulf of Taganrog.

Ecological monitoring; water quality; heavy metals; maximum tolerable concentration.

Бассейн Азовского моря охватывает один из наиболее плотно заселенных регионов Российской Федерации и Украины. Значительное развитие хозяйственной деятельности повлекло существенные негативные экологические последствия и привело к тому, что продуктивность Азовского моря за последнее пятидесятилетие снизилась почти в 10 раз. Ввиду мелководности Азовского моря его способность к самоочищению невысокая, что ведет к накоплению загрязняющих веществ в донных осадках. Ветровая активность приводит к перемешиванию всех слоев воды, вовлекая и верхний слой донных осадков, что грозит вторичным загрязнением водной среды. Все эти происходящие процессы и характеризуют современное состояние морской среды Азовского моря, интерес к которому привлекает специалистов различных научных направлений.

В Азовском море обитают до 115 видов рыб, значительное количество которых представляют объекты товарного рыболовства.

Если в середине 30-х гг. общий вылов рыб достигал 300 тыс. т, то в настоящее время он не превышает 30 тыс. т. Связано это с трансформацией материкового стока, усилением антропогенного воздействия на экосистему моря, а также необоснованно завышенными квотами вылова, в сочетании с незаконным, неучтенным рыболовством.

Высокая рыбопродуктивность во многом объясняется высокой биопродуктивностью бассейна в целом, которая является наибольшей для таких водных объектов. Только сине-зеленые водоросли, в пределах Таганрогского залива, в зависимости от средней солености, формируют в июле-сентябре значительные объемы биомассы – 300–400 г/дм³. Значительной продуктивностью обладает и зообентос, количество которого изменяется в пределах 100–300 г/м². Последний обеспечивает обильную кормовую базу рыб бентофагов, в т. ч. осетровых.

В соответствии со ст. 17 ФЗ № 333 (в ред. от 06.12.2007 г.) «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» Азово-Черноморский бассейн относится к объектам рыбохозяйственного значения. Азовское море является рыбохозяйственным водоемом I категории. Поэтому, с целью выявления источников загрязнения Азовского моря, ранее Учреждением была организована дополнительная сеть наблюдений вблизи потенциальных источников антропогенного загрязнения морской среды. Пункты наблюдений организованы в районах расположения городов и крупных населенных пунктов, сточные воды которых сбрасываются в Азовское море, вблизи сброса сточных вод промышленными предприятиями, в устьях рек, впадающих в Азовское море. Эти пункты наблюдений отнесены к I категории.

В результате исследования были выделены основные источники загрязнения Таганрогского залива. К ним относятся: стоки крупных и малых рек, коммунальные предприятия, судоходство, донные осадки и дампинг грунта, рекреационные зоны.

Работы по экологическому мониторингу проводятся по 2 основным направлениям:

- ◆ мониторинг прибрежной части акватории моря по станциям I категории с целью мониторинга источников загрязнения морской среды;
- ◆ мониторинг водного объекта по станциям II и III категории с целью наблюдения межсезонной и межгодовой изменчивости качества морских вод и донных осадков.

В работах по ведению мониторинга Азовского моря ежегодно задействуются 95–106 пунктов наблюдений (2011 г. – 99), что обеспечивает статистическую репрезентативность выборок измеряемых гидрологических и гидрохимических параметров, при условии достаточно равномерного размещения пунктов по акватории и отсутствия пропусков при определении отдельных параметров.

При проведении работ на пунктах наблюдения выполнялся отбор проб по комплексным исследованиям по гидрологическим и гидрохимическим показателям с целью получения данных по состоянию вод и донных отложений. Целью нашего исследования является получение дополнительной информации о концентрации тяжёлых металлов (кадмий, свинец, ванадий, хром, никель, алюминий). В качестве примера приведены основные концентрации тяжёлых металлов в водах Таганрогского залива за 2011 г.

Свинец – среднегодовые концентрации показателя в 2011 г. были ниже ПДК во всех пунктах наблюдения и в среднем составили $0,0046 \text{ мг/дм}^3$. Незначительные превышения фиксировались в отдельных пробах. Максимальное разовое превышение ПДК зафиксировано в октябре 2011 г. в районе устья р. М. Еланчик (с. В.-Вознесенка).

В донных отложениях среднегодовые концентрации свинца были значительно ниже ДК. Средневзвешенная концентрация по Таганрогскому заливу в 2011 г. составила $0,0064 \text{ мг/г}$.

Железо – с 2004 г. среднегодовые концентрации показателя находятся на уровне ниже ПДК (за исключением 2005 г., когда концентрации незначительно превышали ПДК) и лишь на некоторых пунктах среднегодовые концентрации превышаются. В 2011 г. в среднем фиксировались концентрации, наименьшие с 2004 г. Средняя концентрация для всего Таганрогского залива в 2011 г. составила $0,03 \text{ мг/дм}^3$.

Максимальная среднегодовая концентрация железа по пунктам наблюдения составила $0,05 \text{ мг/дм}^3$ (1 ПДК) и была отмечена в пункте наблюдения в районе выпуска очистных сооружений Ейского водоканала. Максимальная разовая концентрация – отмечена там же – $0,11 \text{ мг/дм}^3$ (2,05 ПДК).

Содержание железа в донных отложениях Таганрогского залива Азовского моря в 2011 г. составило $3,3 \text{ мг/г}$, что меньше, чем в 2010 г.

Цинк – в 2011 г. среднегодовые концентрации цинка в воде не превышали ПДК во всех пунктах наблюдения и в среднем составили $0,0172 \text{ мг/дм}^3$. Максимальные разовые значения превышали ПДК и фиксировались:

- ◆ в районе Центрального пляжа г. Таганрог – $0,082 \text{ мг/дм}^3$ (1,6 ПДК);
- ◆ 3 км от берега, фоновая точка антропогенного влияния г. Таганрога – $0,074 \text{ мг/дм}^3$ (1,5 ПДК);
- ◆ в порту г. Таганрога – $0,075 \text{ мг/дм}^3$ (1,5 ПДК).

В донных отложениях содержание цинка повысилось по сравнению с 2010 г. и составило $0,048 \text{ мг/г}$. С 2009 г. существует тенденция роста концентраций цинка в воде и донных отложениях Таганрогского залива Азовского моря.

Кадмий – содержание показателя в 2011 г. было ниже ПДК во всех отобранных пробах. Среднегодовое значение содержания кадмия в донных отложениях Таганрогского залива было ниже ДК и составило $0,00018 \text{ мг/г}$.

Хром – среднегодовые концентрации показателя 2011 г., как и в предыдущие годы наблюдения, были ниже ПДК во всех отобранных пробах. Среднее значение по Таганрогскому заливу составило $0,0012 \text{ мг/дм}^3$.

В донных отложениях среднегодовые концентрации также были намного меньше допустимых концентраций и составили в среднем $0,007 \text{ мг/г}$.

Молибден – среднегодовые концентрации показателя в 2011 г. превышали ПДК в большинстве проб. Среднее значение составило $0,0013 \text{ мг/дм}^3$ (1.3 ПДК). С 2008 г. содержание молибдена в воде Таганрогского залива находится на одном уровне.

Содержание молибдена в донных отложениях Таганрогского залива за весь период наблюдений, в том числе в 2011 г., было существенно ниже ДК. Среднее значение по Таганрогскому заливу в 2011 г. составило $0,00013 \text{ мг/г}$.

В работе проведен расширенный статистический анализ данных мониторинга содержания тяжелых металлов в водах Азовского моря за последние десять лет с использованием современных программных средств. По величинам эксцесса, асимметрии, стандартного отклонения можно судить о том, что анализируемые данные показывают значительные отклонения от нормального закона распределения случайных величин.

Для определения вида интерполяционных зависимостей содержания тяжелых металлов от времени был проведен трендовый анализ данных мониторинга. Данные с различных районов были сгруппированы по металлам, и для каждого ряда данных строились линии тренда и рассчитывался коэффициент детерминации R^2 . Пример приведен на рис. 1. Трендовый анализ данных показал, что исследуемые данные плохо описываются стандартным набором функций, коэффициент детерминации в большинстве случаев не превышает 0,5. Заметна тенденция к затухающему колебательному поведению системы. Такие процессы хорошо описываются рядами Фурье.

Построение рядов Фурье основано на условии, что временной ряд, отражающий характеристики экопроцессов, содержит важные детерминированные циклы с определенным периодом. Это обеспечивает получение средних значений аппроксимирующих функций как суммы сдвинутых и разномасштабных синусных и косинусных функций.



Рис. 1. Пример построения линий тренда

Как видно из рис. 1, частота колебаний исследуемых данных в принципе соответствует естественным характеристикам экологического процесса. Может быть выявлен сдвиг, между естественными характеристиками экосистемы и их аппроксимациями. Ряд Фурье основан на постоянных частотах, и не учитывает естест-

венных ежегодных различий. С другой стороны, Фурье-анализ может использоваться для оценки влияния основных частот на общие изменения экологического процесса. Авторами в программной среде MatLab проведены расчеты Фурье-преобразований качества воды по некоторым тяжелым металлам.

Оценка адекватности полученной модели проводилась по данным ФГУ «Азовморинформцентр» за 2011 г. по Таганрогскому заливу. Превышения ПДК наблюдались по молибдену и ванадию. Рассчитывались сначала концентрации металлов модельными уравнениями, далее данные усреднялись по каждому из металлов. Сводные сведения о проверке адекватности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сводные данные о результатах проверки адекватности модели

Металл	Концентрация, рассчитанная по модели, мг/м ³	Концентрация, по данным ФГУ «Азовморинформцентр», мг/м ³	Погрешность, %
Медь	0,0029	0,0035	17,1
Железо	0,0350	0,0300	16,7
Молибден	0,0015	0,0013	15,4
Ванадий	0,0014	0,0012	16,7
Свинец	0,0041	0,0046	10,9

Таким образом, в данной работе проведен расширенный статистический анализ данных мониторинга содержания тяжелых металлов в водах Азовского моря с 2000 по 2010 гг. с использованием современных программных средств. По величинам эксцесса, асимметрии, стандартного отклонения можно судить о том, что анализируемые данные показывают значительные отклонения от нормального закона распределения случайных величин. Трендовый анализ данных показал, что исследуемые данные плохо описываются стандартным набором функций, коэффициент детерминации в большинстве случаев не превышает 0,5.

Модель качества вод Азовского моря по содержанию тяжелых металлов (медь, железо, молибден, ванадий, свинец) была разработана с использованием Фурье-преобразований, позволяющих учесть циклический характер процесса.

Проведена проверка адекватности модели по данным мониторинга ФГУ «Азовморинформцентр» за 2011 г. Погрешность предсказания по модели не превышает 17,1 %. По оценке качества вод Таганрогского залива в 2011 г. по ИЗВ вода Таганрогского залива относилась ко второму классу качества вод – чистая. Значение ИЗВ снизилось во всех районах за счёт существенного роста концентрации растворённого кислорода и незначительного снижения концентраций по таким показателям, как железо, медь, свинец, алюминий, цинк. Среднегодовые значения концентрации по показателям, входящим в расчет ИЗВ, не превышает ПДК во всех районах Таганрогского залива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кутырин И.М., Беличенко Ю.П.* Охрана водных ресурсов – проблема современности. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 103 с.
2. Материалы годового отчета ФГУ «Азовморинформцентр». – Таганрог, 2009–2010 гг.
3. Программа работ по ведению государственного мониторинга водного объекта – Азовского моря и государственного мониторинга водохозяйственных систем и сооружений на территории Ростовской области и Краснодарского края на 2008-2010 гг.». – Таганрог, 2010.
4. http://science.donntu.edu.ua/konf/konf4/sek_09_ekolog/s09_04.pdf.
5. *Забалуева А.И., Радченко А.Б., Плуготаренко Н.К.* Исследование состояния качества вод Таганрогского залива. Экологическая безопасность регионов России и риск от техногенных аварий и катастроф // Сборник статей XII Междунар. научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – 100 с.

6. *Абрамова А.Г., Плуготаренко Н.К., Петров В.В., Маркина А.В.* Системный подход к разработке концепции экологического мониторинга промышленных городов // Инженерный вестник Дона [электронный журнал]. – 2012. – № 4/2. – www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1342.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.А. Витиска.

Забалуева Алла Игоревна – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: zabaluevaai@mail.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Чехова, 2; тел.: 888634371624; кафедра химии и экологии; к.п.н.; доцент.

Плуготаренко Нина Константиновна – e-mail: plugotarenko@mail.ru; кафедра химии и экологии; к.т.н.; доцент.

Бахмацкая Александра Игоревна – e-mail: emeraldi92@mail.ru; кафедра химии и экологии; студентка.

Zabalueva Alla Igorevna – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: zabaluevaai@mail.ru; 2, Tchechov street, Taganrog 347900, Russia; phone: +78634371624; the department of chemistry and ecology; cand. of ped. sc.; associat professor

Plugotarenko Nina Konstantinovna – e-mail: plugotarenko@mail.ru; the department of chemistry and ecology; cand. of eng. sc.; associat professor.

Bahmatskaya Alexandra Igorevna – e-mail: emeraldi92@mail.ru; the department of chemistry and ecology; student.

УДК 621.372.54

А.И. Демидов, Р.Ш. Комочков, А.В. Скнаря, С.А. Тошов

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГИДРОЛОКАЦИИ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ

Начиная с 90-х гг. прошлого века за рубежом проводятся активные исследования в области разработки широкополосных технологий в гидролокации, вызванные необходимостью улучшения технических характеристик различных типов гидролокаторов. В докладе приводятся экспериментальные данные, полученные в ходе проведения испытаний макета гидролокатора со сверхширокополосным зондирующим линейно-частотно-модулированным сигналом на полигоне ОАО «НИИП». Натурные испытания показали преимущества и перспективность использования в качестве зондирующего сигнала сверхширокополосного сигнала.

Широкополосные технологии; сверхширокополосные сигналы; линейно-частотно-модулированный сигнал.

A.I. Demidov, R.Sh. Komochkov, A.V. Sknarya, S.A. Toschov

PROSPECTS OF USING ULTRA WIDE BAND PROBE SIGNALS IN SONARS

Active investigations of broadband sonar technologies abroad have been started since 90th years of the last century caused by the necessity of improving the technical characteristics of the different sonar types. This paper presents results of field experiments obtained at the test field of JSC «NIP» with the model of the sonar using ultra wideband linear frequency modulated probe signals. Field tests demonstrated the advantages and prospects of using ultra wideband signals as a probe signals.

Wideband technologies; ultra wideband signals; linear frequency modulated signal.