

КООРДИНАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ
COORDINATING COMMITTEE ON HYDROMETEOROLOGY
AND POLLUTION MONITORING OF THE CASPIAN SEA

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY
AND ENVIRONMENTAL MONITORING

МАТЕРИАЛЫ

МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

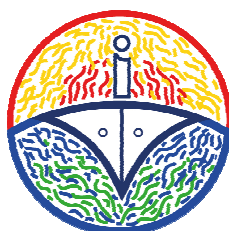
«ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Астрахань, Российская Федерация, 16-17 октября 2015 года

PROCEEDINGS

**OF THE INTERNATIONAL APPLIED SCIENCE CONFERENCE
«HYDROMETEOROLOGICAL AND ENVIRONMENTAL
SECURITY OF MARINE ACTIVITY»**

Astrakhan, Russian Federation, 16-17 October 2015



**Астрахань
2015**

Материалы международной научно-практической конференции «Обеспечение гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности» (16-17 октября 2015 года, Астрахань, Российская Федерация). Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2015. 158 с.

Proceedings of the International Applied Science Conference “Hydrometeorological and Environmental Security of Marine Economy” (16 – 17 October 2015, Astrakhan, Russian Federation). Astrakhan: Publisher: Sorokin Roman Vasilievich, 2015. 158 pp.

ISBN 978-5-91910-419-3

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Секция 1. Морские гидрометеорологические и ледовые прогнозы Session 1. Marine hydrometeorological and ice forecasts

Абузаров З.К., Думанская И.О., Лежнева Н.Г., Нестеров Е.С. Оперативное гидрометеорологическое обеспечение деятельности на Каспийском море	9
Баянкина Т.М., Михайлова Н.В., Пиотух В.Б., Сизов А.А. Формирование крупномасштабных аномалий гидрометеорологических полей в поверхностном слое черного моря в зимний период	11
Баянкина Т.М., Ратнер Ю.Б., Халиулин А.Х., Годин Е.А., Воронина Н.Н., Жук Е.В., Ингеров А.В., Крыль М.В. Взаимодействие ЭЦМП и БОД МГИ для обеспечения прогнозов состояния гидрофизических полей Черного моря	13
Блинов Д.В. Система негидростатического мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды Cosmo-ru Гидрометцентра России: прогноз опасных метеорологических явлений и усвоения данных	15
Бухарицин П.И. Повышение гидрометеорологической безопасности работы портов и транспортных комплексов в зимних условиях при наличии морских льдов	15
Зеленько А.А., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С. Развитие средств оперативной океанологии для Каспийского моря	17
Ивкина Н.И. Краткосрочные и среднесрочные прогнозы уровня моря и волнения для Казахстанского сектора Каспийского моря	18
Behzad Layeghi Numerical simulation of wind driven wave in southern Caspian Sea using SWAN and MIKE21 (Case study: off shore region of Amir Abad)	20
Мартынов С.Л. Особенности параметризации модели ветрового волнения для бассейна Каспийского моря	22
Монахов С.К., Волков И.Н., Суслов А.В. Новый метод прогноза уровня Каспийского моря на срок от одного года до десяти лет	24
Mohammad Reza Amirmoradi, Mohammad Reza Salari Fanoodi, Mehdi Salari Fanoodi, Chakavak Khajeh Amiri Khaledi The necessity of expanding the meteorology and monitoring network in Oman coasts (as a part of the Great Makran coast development plan)	26
Петриченко С.А., Новицкий М.А., Терёб Л.А. Выбор оптимальных схем параметризации пограничного и приземного слоев в модели WRF для прогноза изменчивости метеопараметров в пограничном слое атмосферы	27
Siamak Jamshidi Hydrological surveys on the southeastern boundary of the Caspian Sea	30
Федоренко А.В. О прогнозе ледовой обстановки на Азовском и Каспийском морях	32
Maziar Gholami Study of dust storm synoptical patterns over Caspian Sea	33
Яготинцев В. Н. Гидрометеорологическое обеспечение работ на континентальном шельфе в Каспийском море	34

Секция 2. Мониторинг, оценка и нормирование загрязнения морской среды
Session 2. Monitoring, standard-setting and assessment of marine environmental pollution

Hossein Bagheri, Mohammad Hossein Mahmodi Gharae, Kazem Darvish Bastami, Vahid Kheirabadi Spatial variation and ecological risk assessment of heavy metals in the surface sediments of Gorganrud River, Caspian Sea	39
Войнова М.В. Охрана окружающей среды при освоении нефтегазовых месторождений в прибрежной зоне южных морей России	39
Дегтярева Л.В. Содержание органического вещества в донных отложениях Северного Каспия	41
Дмитриев В.В. Интегральная оценка экологического благополучия водного объекта: новый подход, результаты	43
Есина О.И., Коршенко А.Н., Ильзова Ф.Ш., Самсонов Д.П. Загрязнение акватории российского сектора недропользования Каспийского моря в 2012 – 2014 гг.	45
Землянов И.В., Горелиц О.В. Проблемы экологической безопасности морской деятельности в устьевых областях рек	47
Зонн И.С. Каспийская трубопроводная дипломатия	48
Каткова М.Н., Гниломедов В.Д. Радиационный мониторинг морей, омывающих территорию российской федерации	50
Kazem Darvish Bastami, Mehrshad Taheri, Maryam Yazdani Foshtomi, Hossein Bagheri, Ali hamzehpoor The use of nematodes in assessing ecological quality status in the southern part of Caspian Sea	52
Козловская О.Н., Вареник А.В. Развитие системы мониторинга поступления биогенных элементов (неорганического азота и кремния) с атмосферными осадками на поверхность черного моря	53
Колмыков Е.В., Островская Е.В., Курапов А.А., Студников С.Н. Состояние биологических сообществ в районе расположения морских нефтегазовых объектов в Северном Каспии	55
Kurbonov N.B. Transnational information exchange in elimination of conflict of interests between water users in Central Asia	58
Мезенцева И.В. Оценка ассимиляционной емкости морских экосистем по материалам мониторинговых исследований Росгидромета	62
Медведев Е.В., Шокурова И.Г., Моисеенко О.Г. Аппроксимация профиля сероводорода для расчета карбонатной системы Черного моря.	64
Монахов С.К. Производственный экологический мониторинг морских акваторий: правила, неопределенности и риски	66
Монахов С.К., Макарова Е.Н., Монахова Г.А. Управление качеством морской среды на локальном уровне	68

Немировская И.А., Островская Е.В. Особенности состава углеводов в районах нефтегазовых месторождений (Каспийское, Балтийское и Баренцево моря)	70
Опекунов А.Ю. Оценка загрязнения и качества донных отложений водных объектов, подверженных техногенному воздействию	72
Островская Е.В., Колмыков Е.В., Холина О.И., Пронина Т.С. Подходы к идентификации источников углеводородного загрязнения северо-западной части Каспийского моря	74
Островская Е.В., Самсонов Д.П., Коршенко А.Н. Стойкие органические загрязняющие вещества в морской среде Северного Каспия	76
Павлова М.В. Информационные ресурсы о состоянии окружающей среды в Российской Федерации и их использование для оценки экологического состояния морей.	78
Петреченкова В.Г. Инженерно-экологические изыскания на морских акваториях и ансамблевая оценка загрязнения морской среды.	79
Постнов А.А. Создание системы регионального мониторинга Каспийского моря под эгидой Тегеранской конвенции	81
Рахимбирдиев Н.М., Суслов С.В. Расчет баланса загрязняющих веществ на лицензионном участке с использованием гидродинамической модели и данных производственного экологического мониторинга	82
Решетняк О.С. Оценка возможного выноса нефтепродуктов через устье реки Лена	84
Рябинин А.И., Клименко Н.П., Боброва С.А., Мальченко Ю.А. Пространственно-временная изменчивость величин индекса загрязненности вод (ИЗВ) северной зоны Чёрного моря в период 1989 – 2013 гг.	86
Татарников В.О., Монахов С.К. Выявление и оценка изменений морской среды, вызванных неподвижными точечными производственными объектами	89
Титова Г.Д. Арсенал современных знаний по защите морей от экологических угроз и использование его в России	90
Ушивцев В.Б., Колмыков Е.В., Галактионова М.Л., Водовский Н.Б. Система экологического мониторинга с использованием донных станций	92
Федюнин В.А., Поромов А.А., Смуров А.В. Оценка токсичности тяжелых металлов на клетках целомической жидкости морских звезд <i>asterias rubens</i>	94
Халиков И.С. Полициклические ароматические углеводороды в донных отложениях озера Байкал в 2014 году	95
Хоружий Д.С., Медведев Е.В., Орехова Н.А., Моисеенко О.Г. Особенности гидрохимических характеристик приустьевой области р. Черной (Севастопольская бухта, Черное море)	97
Homayoun Khoshravan, Parvin Farshchi Apply new model on environmental vulnerability, Caspian Sea	99
Шахин Д.А. Экологический мониторинг как инструмент контроля экологической безопасности нефтегазовых месторождений на шельфе. Опыт и подходы	100

Секция 3. Инженерно-гидрометеорологические изыскания и ледовые исследования

Session 3 Engineering, hydrometeorological surveys and ice research

- Андреев А.Н.** Режим сильного ветра (12 м/с и более) на Каспийском море в 2006-2010 гг. **104**
- Артамонов Ю.В., Федирко А.В., Скрипалева Е.А.** Использование спутниковых данных для исследования климатической изменчивости температуры на поверхности Черного моря **106**
- Akbar Asgarov** Definition of thermocline of the deep-water part of the Caspian Sea **108**
- Балакин Р.А., Вилков Г.И.** Разработка системы с помехозащищенным гидроакустическим каналом связи для обмена информацией с буйковыми станциями наблюдательной сети **113**
- Волгутов Р.В.** Характеристика ледовых условий юго-западной части Охотского моря **115**
- Воронцов А.А.** Электронный атлас по режиму каспийского моря, создаваемый с помощью технологий ЕСИМО **117**
- Горелиц О.В., Землянов И.В.** Современные гидрологические исследования водных объектов Нижней Волги **119**
- Данилов А.И.** Обеспечение гидрометеорологической безопасности проектов на арктическом шельфе **121**
- Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Любарец Е.П., Евстигнеев М.П.** Оценивание климатических характеристик в условиях меняющегося климата на примере Азово-Черноморского бассейна **122**
- Ивкина Н.И.** Исследования ледового режима в северо-восточной части Каспийского моря **124**
- Лопатухин Л.И., Бухановский А.В.** спектральный волновой климат Северного Каспия **125**
- Максимов А.А.** Особенности обнаружения и мониторинга стамух в Каспийском море по спутниковой информации высокого и среднего разрешения **127**
- Миронюк С.Г., Скворцов С.В.** Литодинамика берега и северо-восточной части Присахалинского шельфа (Охотское море, Киринская площадь) **129**
- Непоменко Л.Ф.** Комплексные ледовые исследования на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь» в 2014-2015 гг. **131**
- Политько В.А., Кантаржи И.Г.** Особенности ледовых условий и ледовых нагрузок на шельфовые сооружения в Северном Каспии **133**
- Rashidian L., Abbasi Moheb M.** Climate change and its impact on the water level: Case study of the Caspian Sea **135**
- Чернов А.В., Наумов А.К.** Комплексные полевые ледоисследовательские работы ФГБУ "ААНИИ" **136**

Секция 4. Использование спутниковой информации и математических моделей для обеспечения гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности

Session 4. Application of remote sensing data and mathematical models for ensuring hydrometeorological and environmental security of marine activities

- Асаева К.И.** Вероятный подход к анализу пространственного распределения морской биоты с целью оценки ее поражения аварийными разливами нефти **139**
- Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В.** Оценка и прогноз интенсивности воздействия ледяного покрова на дно и берега Северной части Каспийского моря в условиях колебаний уровня и ледовитости **141**
- Бухарицин П.И., Голубов Б.Н., Иванов А.Ю.** Результаты и вопросы комплексирования методов спутникового и подспутникового мониторинга пленочных загрязнений моря в условиях экспансии морской нефтегазодобычи **143**
- Зацепа С.Н., Дианский Н.А, Журавель В.И., Ивченко А.А., Коротенко К.А., Солбаков В.В., Становой В.В.** Моделирование разливов нефти в море для планов ЛРН, АСЭВ, ОВОС **144**
- Журавель В.И., Зацепа С.Н., Ивченко А.А., Солбаков В.В.** Использование результатов моделирования при планировании ликвидации разливов нефти **145**
- Закарин Э.А., Балакай Л.А., Дедова Т.В., Ким Д.К.** Риск-модель поражения биоты при аварийном разливе нефти на акватории Северного Каспия **146**
- Закарин Э.А., Балакай Л.А., Бостанбеков К.А., Нурсеитов Д.Б.** Система картирования экологических рисков при аварийном разливе нефти на Северном Каспии (RANDOM) **148**
- Казаков А.А., Журавель В.И., Колмыков Е.В.** Комплексный план предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов при разработке морских месторождений Северного Каспия **150**
- Костяной А.Г.** Комплексный спутниковый мониторинг Каспийского моря **150**
- Лебедев С.А.** Спутниковая альтиметрия Каспийского моря **152**
- Монахова Г.А.** Расчет переноса загрязняющих веществ между различными секторами и частями Каспийского моря **154**
- Поромов А.А., Соколова С. А., Дмитриева Е.С., Тригуб А.Г., Федотов А.С., Микодина Е.В., Медянкина М.В.** QSAR Моделирование для прогноза риска химического загрязнения морских экосистем **156**

Секция 1.

Морские гидрометеорологические и ледовые прогнозы

Session 1.

Marine hydrometeorological and ice forecasts

ОПЕРАТИВНОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Абузьяров З.К., Думанская И.О., Лежнева Н.Г., Нестеров Е.С.

ФГБУ «Гидрометцентр России», г.Москва, Россия, e-mail: nesterov@metcom.ru

A brief review of operational methods and techniques of diagnosis and forecast of hydrometeorological parameters, most important to ensure activities on the Caspian Sea, is given. Examples of Russia Hydrometeorological Centre operational forecasts: air temperature, wind, waves, currents, sea level, ice cover characteristics are presented.

Подготовка и своевременное доведение до конечных потребителей прогнозов ветра, волнения, течений, уровня, температуры воды, ледовых условий и др., включая штормовые предупреждения об угрозе возникновения опасных явлений, является основной задачей подразделений Росгидромета, занимающихся оперативным гидрометеорологическим обслуживанием морских отраслей экономики России. В последние годы происходит интенсивное развитие компьютерных технологий диагноза и прогноза основных элементов погоды и состояния морей и океанов [1-3, 7], что позволило существенно расширить номенклатуру и повысить качество выпускаемой метеорологической и океанографической продукции.

Важным этапом в обслуживании морских отраслей экономики России явилось создание в России Единой системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО), разработанной в рамках Федеральной Целевой Программы «Мировой океан» [6]. Введен в эксплуатацию Web-портал ЕСИМО, обеспечивающий удаленный поиск и доступ к информационным ресурсам отечественных и зарубежных источников оперативной и климатической информации.

Метеорологические прогнозы

Среднесрочные метеорологические прогнозы (на 5 суток) даются на основе глобальной полулагранжевой модели атмосферы ПЛАВ с разрешением 0,7° по широте и 0,9° по долготе [8]. В выходную продукцию модели входят поля геопотенциала, давления на уровне моря, температуры воздуха, ветра, осадков и др. Краткосрочные (на 3 суток) метеорологические прогнозы даются на основе мезомасштабной атмосферной модели COSMO-RU с разрешением 2-7 км [4]. Продукция модели COSMO-RU включает давление на уровне моря, температуру воздуха, средний ветер и порывы ветра, облачность, осадки и др.

Прогнозы волнения

В Гидрометцентре России разработана система информации об ожидаемых штормовых условиях на морях России. Для объективной оценки степени опасности штормовых условий введены три градации скорости ветра: менее 15 м/с (зеленый цвет), 15-20 м/с (“желтый” уровень опасности) и более 20 м/с (“красный” уровень). В оперативном режиме выпускаются прогнозы волнения для Черного, Азовского, Каспийского, Баренцева, Белого и Балтийского морей по модели WAVEWATCH [5]. Результаты прогнозов размещаются на сайте ЕСИМО Гидрометцентра России.

Прогнозы уровня и течений

В оперативной практике прогнозов уровня и течений большое внимание уделяется штормовым нагонам, которые представляют опасность для прибрежных населенных пунктов. Особенно большие нагоны характерны, в частности, для северо-западной части Каспийского моря. В Гидрометцентре России разработана система краткосрочного прогноза уровня и течений Каспийского моря, в основе которой лежит трехмерная бароклинная гидродинамическая модель [1]. В качестве входной метеорологической информации используются поля приземного атмосферного давления с заблаговременностью до 48 ч, рассчитываемые по региональной прогностической модели атмосферы Гидрометцентра России.

Долгосрочные прогнозы колебаний уровня моря особенно актуальны для Каспийского моря, поскольку амплитуда этих колебаний в многолетнем ходе может достигать нескольких метров. Применяемый в Гидрометцентре России метод прогноза годового хода уровня Каспийского моря (УКМ) основан на приближенном решении уравнения водного баланса [1]. Прогноз УКМ, ежегодно составляемый по этому методу, публикуется в бюллетене Гидрометцентра России вместе с обзором состояния уровня за прошедший год и рассылается в заинтересованные организации. Также составляются сверхдолгосрочные фоновые прогнозы УКМ на 6, 12 и 18 лет.

Прогнозы ледовых условий

В Гидрометцентре России в холодную часть года еженедельно составляются карты анализа ледовой обстановки в Каспийском море с текстом прогноза на неделю, разработан новый метод долгосрочного ледового прогноза [1]. Информационной основой метода являются материалы электронного архива метеорологической и ледовой информации, созданного в лаборатории ледовых прогнозов Гидрометцентра России. Результаты прогноза по данному методу регулярно публикуются в бюллетене «Долгосрочный прогноз ледовых условий на неарктических морях на предстоящий ледовый сезон», который рассылается заинтересованным потребителям в начале октября. В бюллетене содержатся прогнозы следующих характеристик:

- даты первого появления льда в портах;
- максимальная за ледовый сезон ледовитость моря;
- максимальная за ледовый сезон толщина припайного льда в районе портов;
- даты окончательного очищения моря ото льда в районе портов;
- продолжительность ледового периода в районе портов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абузяров З. К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. 2009. Оперативное океанографическое обслуживание. М: ИГ-СОЦИН. 287 с.
2. Абузяров З. К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. 2010. Развитие технологий морских гидрологических прогнозов // 80 лет Гидрометцентру России. Сборник научных трудов. М: Триада. С.376-388.
3. Абузяров З.К., Нестеров Е.С. 2014. Морское метеорологическое обслуживание в системе Росгидромета: современное состояние и перспективы развития // Метеоспектр. № 2. С.99-111.
4. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. 2010. Система COSMO-RU негидростатического мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды Гидрометцентра России: первый этап реализации и развития // Метеорология и гидрология. № 8. С.5-20.
5. Зеленко А.А., Струков Б.С., Реснянский Ю.Д., Мартынов С.Л. 2014. Система прогнозирования ветрового волнения в Мировом океане и морях России // Труды ГОИН. Вып. 215. С.90-101.
6. Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Воронцов А.А., Белов С.В. 2014. Государственная система информации об обстановке в Мировом океане и ее применение для информационной поддержки морской деятельности Российской Федерации// Труды ВНИИГМИ-МЦД. Вып.177.-С.95-118.
7. Нестеров Е.С. 2013. Оперативное гидрометеорологическое обеспечение деятельности на морях России // Труды ГОИН. Вып.214.- С.305-316.
8. Толстых М.А., Богословский Н.Н., Шляева А.В., Юрова А.Ю. 2010. Полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ // 80 лет Гидрометцентру России. Сборник научных трудов. М: Триада. С.193-216.

ФОРМИРОВАНИЕ КРУПНОМАСШТАБНЫХ АНОМАЛИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ СЕЗОН

Баянкина Т.М.¹, Михайлова Н.В.¹, Пиотух В.Б.², Сизов А.А.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Морской гидрофизический институт РАН» (ФГБУН МГИ), г. Севастополь, Россия, e-mail: bayankina_t@mail.ru;

²Институт океанологии им.П.П. Ширшова РАН (ФГБУН ИО РАН)

Report contains the results of studying the features of near-surface atmosphere-sea interaction in a mode of the atmospheric zonal transport attenuation in the Atlantic-European sector in 1992 – 2011. It is found that, in contrast to the western Black Sea, the wind velocity module in its eastern part is significantly correlated with the level of the whole sea. This feature of the wind field permits to assume existence of quasi-stationary atmospheric cyclonic vortex above the sea eastern part. The assumption is confirmed by presence of positive anomalies of surface temperature and heat fluxes in the Black Sea eastern part in winter.

Аномалии гидророметорологических полей верхнего слоя Черного моря формируются под воздействием особенностей циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе [1 – 3].

Исследования реакции верхнего слоя моря на атмосферное воздействие выполнялось с использованием материалов реанализа MERRA и дистанционного зондирования, позволяющих получить оценки взаимодействия атмосферы и моря на временном интервале с 1993 по 2011 гг.

В качестве характеристики циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе использовался индекс североатлантического колебания (САК). Оценка долговременной изменчивости САК показала, что на исследуемом временном интервале существует отрицательный тренд индекса САК, свидетельствующий об ослаблении влияния азорского максимума на процессы в регионе Черного моря (рис.1).

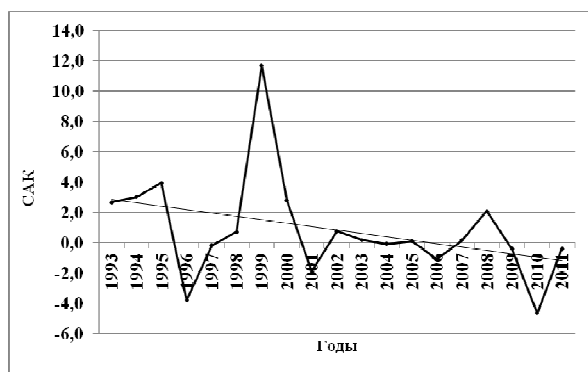


Рис. 1. Североатлантическое колебание (САК) за декабрь-март 1993-2011 гг.

Подтверждением этому является отрицательный тренд приземного давления в регионе, что свидетельствует о повышении циклонической деятельности и, следовательно, о повышении скорости приземного ветра над акваторией моря (рис.2).

В работе показано, что возрастание скорости ветра вызывает повышение уровня моря в центрах его квазистационарных циклонических круговоротов (рис. 3), что косвенно свидетельствует об интенсификации основного черноморского течения (ОЧТ).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что существует различие в воздействии приземного ветра на поверхность моря в его западной и восточной частях. Это различие заключается в том, что модуль скорости ветра в восточной части значимо коррелирован с уровнем всего моря (коэффициент корреляции равен 0,5). В то же время у модуля скорости ветра в западной части корреляция с уровнем моря отсутствует.

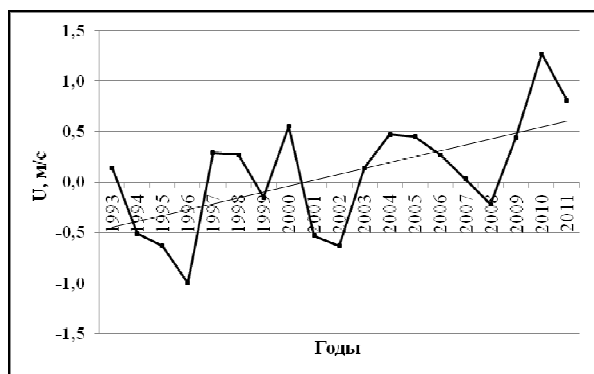


Рис. 2. Аномалия модуля скорости ветра (м/с) в восточной части Черного моря за январь-март 1993-2011 гг.

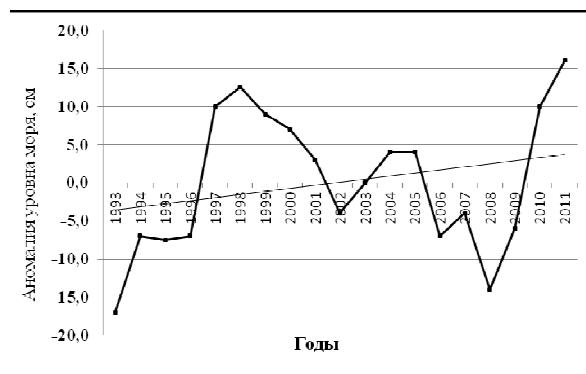


Рис. 3. Аномалия уровня моря (см) в восточной части Черного моря за январь-март 1993-2011 гг.

Это позволяет сформулировать предположение о том, что в восточной части моря, в отличие от западной, существует локальный источник, усиливающий воздействие поля ветра на морскую поверхность. В качестве такого источника можно предположить существование в нижней тропосфере циклонического вихря, подпитываемого потоком тепла от постоянно существующей в этом районе положительной аномалии поверхностной температуры (ТПМ). Оценки показывают, что область положительной аномалии ТПМ поддерживает устойчиво сохраняющиеся в течение зимних месяцев большие положительные аномалии суммарного потока тепла.

Таким образом, в работе показано, что за последние 20 лет, в режиме постоянно ослабевающего зонального переноса в атмосфере Атлантико-Европейского сектора (отрицательный тренд САК), над Черным морем создаются условия, формирующие положительную тенденцию в изменении скорости ветра. При этом в восточной части моря, в силу локализации здесь положительной аномалии ТПМ и, соответственно, положительной аномалии суммарного потока тепла, формируется, по-видимому, локальный циклонический вихрь, усиливающий ветровое воздействие на верхний слой моря. Результатом этого воздействия является хорошо выраженная межгодовая изменчивость уровня моря, формируемая, как представляется, соответствующей изменчивостью скорости ОЧТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баянкина Т.М., Жуков А.Н., Комаровская О.И., Пряхина С.Ф., Сизов А.А. Междесятилетняя изменчивость ветрового режима на акватории Черного моря, прилегающей к побережью Крыма // Морской гидрофизический журнал, 2015. – № 4.
2. Сизов А.А., Чехлан А.Е., Анисимов А.Е. Аномалии поверхностной температуры Черного моря в годы четного и нечетного циклов солнечной активности // Морской гидрофизический журнал, 2013. – № 4. – С. 51 – 60.
3. Сизов А.А., Чехлан А.Е. Аномалии гидрометеорологических полей в районе Черного моря, связанные с градиентом температуры поверхности воды в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология, 2010. – № 7. – С. 65 – 74.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЦМП И БОД МГИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГНОЗОВ СОСТОЯНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ

Баянкина Т.М., Ратнер Ю.Б., Халиулин А.Х., Годин Е.А.,
Воронина Н.Н., Жук Е.В., Ингерев А.В., Крыль М.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Морской гидрофизический институт РАН» (ФГБУН МГИ), г. Севастополь, Россия, e-mail: office-mhi@mail.ru

The current state and interaction between Experimental Center of Marine Forecast (ECMF) and Oceanographic Data Bank (BOD) of Marine Hydrophysical Institute (MHI) are considered. To receive forecasts of the state of hydrophysical fields in the Black Sea, the system was designed in MHI, Princeton Ocean Model being one of its elements. The interaction between BOD and ECMF aims at increasing quality of forecasts, providing their storage and accessibility for users. A topical problem is integration of the MHI BOD and ECMF information resources into the Unified State System of Information on the World Ocean of Russian Federation.

Прогноз состояния гидрофизических полей морей и океанов является важной задачей, имеющей, как научное, так и прикладное значение. Данному направлению работ в ФГБУН МГИ уделяется большое внимание. Достигнутые к настоящему времени результаты базируются на использовании современных моделей диагноза и прогноза состояния морской среды, с привлечением данных как контактных, так и спутниковых наблюдений и, в значительной степени, определяются успешным взаимодействием Экспериментального центра морских прогнозов (ЭЦМП) и Банка океанографических данных (БОД) МГИ.

БОД МГИ (<http://ocean.nodc.org.ua/>) включает океанологические и метеорологические данные, полученные в рейсах научно-исследовательских судов МГИ и других организаций в Черном, Азовском, Средиземном морях, а также Атлантическом, Индийском и Тихом океанах. Особое место в БОД занимает специализированная база «Черное море» [1], которая содержит данные более чем 160 тысячах океанографических станций (рис. 1), выполненных научными судами России, Украины, Болгарии, Турции, США, Франции, Румынии, Дании и других стран. Особое внимание при формировании этой базы было уделено контролю качества данных.

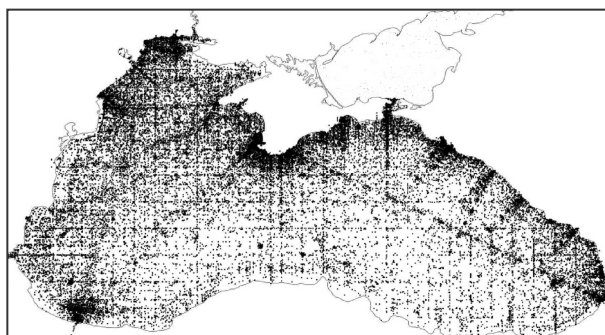


Рис. 1. Распределение океанографических станций по акватории в Черном море

Специализированная база данных «Черное море» объединяет ряд баз по отдельным параметрам:

- гидрологических данных – температура и соленость (с 1890 г., является одной из наиболее полных в мире);
- гидрохимических данных – информация по 20 химическим параметрам (с 1923 г.);
- дрейферных наблюдений – температура поверхности моря (свыше 144 тысяч измерений), атмосферное давление, профили температуры (более 44 тысяч) для термопрофилирующих дрейферов и мини-буев с подповерхностными датчиками температуры;
- спутниковых данных – карты концентрации хлорофилла а, яркости восходящего излучения и температуры морской поверхности, рассчитанных на основе данных сканера MODIS, установленного на спутнике Aqua;
- гидрооптических данных – более 6 тыс. измерений прозрачности и 2,5 тыс. определений цветности;

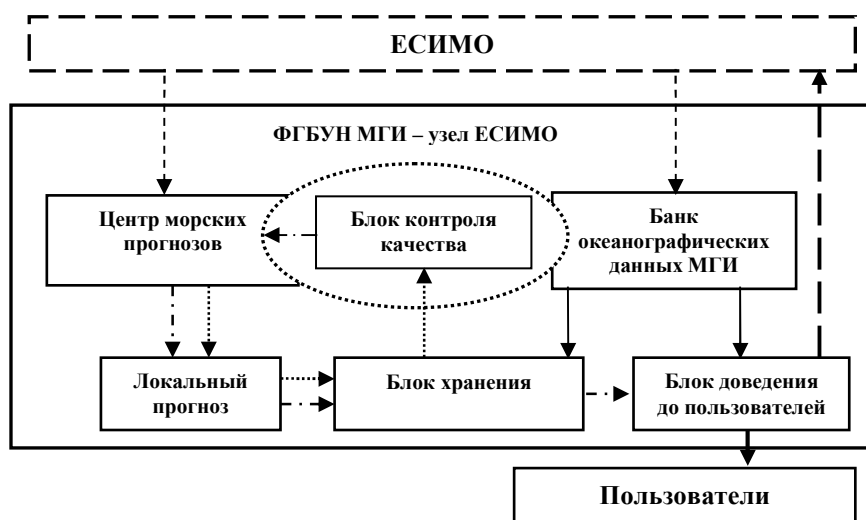
- метеорологических данных – более 26 тысяч станций выполненных судами МГИ и гидрографической службы Черноморского флота.

В 2011 – 2013 гг. в отделении оперативной океанографии МГИ был создан экспериментальный центр морских прогнозов [2]. В настоящее время ЭЦМП выполняет прогнозы температуры, солености морской воды, скоростей течений и динамического уровня поверхности, как для локальных районов, так и всего Черного моря с заблаговременностью до 3 суток и пространственным разрешением 1 км. Для получения прогнозов используется, разработанная в МГИ, система одним из элементов которой является *Princeton Ocean Model (POM)* [4]. Подготовка исходных данных и прогностические расчеты выполняются системой в автоматическом режиме. Получаемые результаты (рис.2), отображаются на сайте отделения оперативной океанографии (<http://www.innovation.org.ru/index.php>).



Рис. 2. Пример локального прогноза

Для проведения валидации и совершенствования методов анализа достоверности



морских прогнозов из БОД в ЭЦМП передаются данные контактных измерений (выборки CTD-данных и данных дрейферных наблюдений). Прогнозы, получаемые в ЭЦМП, поступают в БОД и хранятся в специализированной базе данных. БОД обеспечивает доступ к архиву всех заинтересованных пользователей (рис.3).

Рис. 3. Схема взаимодействия между ЭЦМП и БОД МГИ, с учетом формирования узла ЕСИМО на базе ФГБУН МГИ

Сегодня актуальной представляется задача интеграции

информационных ресурсов БОД и ЭЦМП МГИ в Единую государственную систему информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) путем организации узла ЕСИМО на базе ФГБУН МГИ [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриященко Е.Г., Галковская Л.К., Годин Е.А. и др. БОД МГИ НАН Украины: информационное обеспечение мониторинговых исследований Черного и Азовского морей // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ – Гидрофизика», 2013. – Вып. 27. – С. 77–82.
2. Коротаев Г.К., Кубряков А.И., Баянкина Т.М. и др. Итоги развития Экспериментального Центра морских прогнозов МГИ НАН Украины в 2011-2013 гг. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», – 2013. – вып. 27. – С. 134 – 138.
3. Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Воронцов А.А. и др. Состояние и перспективы развития ЕСИМО с учетом формирования Черноморского регионального узла//

Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ – Гидрофизика», 2014. – вып. 28. – С. 387–402.

4. Hunter J.R., 2002. OzPOM: A Version of the Princeton Ocean Model. <http://www.antrc.utas.edu.au/johunter/ozpom.html>.

СИСТЕМА НЕГИДРОСТАТИЧЕСКОГО МЕЗОМАСШТАБНОГО КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ COSMO-RU ГИДРОМЕТЦЕНТРА РОССИИ: ПРОГНОЗ ОПАСНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ И УСВОЕНИЯ ДАННЫХ

Блинов Д. В.

ФГБУ "Гидрометцентр России", Москва, Россия

Система краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru (версии для сеток с шагами примерно 13, 7, 2 и 1 км), включающая в себя технологическую линию оперативного прогноза погоды на суперкомпьютере, совместную модель атмосферы и деятельного слоя почвы, блоки усвоения данных наблюдений, визуализации и автоматического распространения прогностической продукции является оперативной базовой системой прогноза погоды Гидрометцентра России.

Следует отметить, что прогнозы с мелкой сеткой требуют мощных вычислительных систем с распараллеливанием алгоритма решения на сотнях ядер (например, один прогноз на 24 часа по модели COSMO-Ru1 в оперативном режиме 4 раза в сутки параллельно считается на 400 ядрах примерно 40 мин.).

Усвоение метеорологических данных наблюдений основано методе подталкивания (метод nudging) с распределением этой информации в некоторой окрестности точки наблюдения по пространству и по времени с учетом убывания влияния этого значения по мере удаления от точки и момента наблюдения. Основная особенность такого метода усвоения состоит в том, что модифицируются изменения по времени метеорологических величин за счет добавления в виде дополнительных источников и стоков в дифференциальные уравнения информации об отклонении наблюдений от численного прогноза этих величин.

Исследования показали высокое качество прогноза системой COSMO-Ru целого ряда опасных метеорологических явлений, например, Новороссийской боры и порывов ветра.

В докладе описан опыт и результаты работы по развитию технологической линии, усвоению данных, визуализации и качеству прогноза опасных метеорологических явлений.

ПОВЫШЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ ПОРТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ ПРИ НАЛИЧИИ МОРСКИХ ЛЬДОВ

Бухарицин П.И.

*Астраханская группа по исследованию экологических проблем дельты Волги,
г. Астрахань, Россия, astrgo@mail.ru*

The paper discusses measures on safety of ports and water transport in winters. The paper shows the need for strengthening the system of specialized hydrometeorological servicing.

Дрейфующий морской лёд, ежегодно образующийся в мелководной северной части Каспийского моря способен оказывать существенное влияние на водохозяйственную деятельность человека. Активизация деятельности нефтяных компаний по разведке углеводородного сырья на мелководьях Северного Каспия требует серьезного и всестороннего изучения этих процессов.

Значительные геополитические изменения, произошедшие за последние годы как в мире в целом, так и в прикаспийском регионе, в частности, коренным образом изменили политическую и экономическую ситуацию. Россия всесторонне укрепляет свое влияние в прикаспийском регионе. Как следствие объем морских перевозок, морских переходов, всего объема мореплавания растет из года в год. Потребность в увеличении объема специализированного гидрометеорологического обеспечения морской деятельности очевидна. Проводимые в последнее время нефтяными компаниями в мелководной северной части Каспийского моря поисковые работы по разведке углеводородного сырья потребуют также серьезного научного, экологического технического и гидрометеорологического обеспечения. Анализ имеющихся данных по отраслям экономики показывает, что из общей суммы ущерба, наносимого неблагоприятными погодными условиями, на долю сельского хозяйства приходится 65%, на авиацию 45%, на строительство 38%, в морской деятельности – 68%. Причем предотвратительный ущерб (т.е. тот, который можно предотвратить, используя гидрометеорологическую информацию) по экспертным оценкам отечественных и зарубежных специалистов составляет до 20% от суммы ущерба [1]. Таким образом, эффективность её использования очевидна.

Анализ современного гидрометеорологического обеспечения морских отраслей на Каспийском море показал неудовлетворительное её состояние и потребность в разработке перспективной комплексной системы гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, портов и транспортных комплексов в бассейне Каспийского моря, особенно в зимний период. Предлагаемая система мер, направлена на повышение гидрометеорологической безопасности работы портов и транспортных комплексов зимних условиях, при наличии морских льдов и состоит из трёх основных составляющих:

1. Организация и осуществление системного, комплексного (наземного и аэрокосмического мониторинга, оценка состояния и изменений характеристик ледяного покрова в замерзающих портах, на судоходных трассах низовьев Волги и акватории северной части Каспийского моря), оперативное доведение этой информации до всех заинтересованных потребителей;

2. Разработка, составление и своевременное доведение предупреждений об опасных гидрометеорологических (ледовых) явлениях до всех заинтересованных потребителей и получение от них ответной оперативной информации о фактической гидрометеорологической (ледовой) обстановке, принятых мерах и оценки оправдываемости полученных предупреждений;

3. Обеспечение работы портов, судоходства и мореплавания в бассейне Каспийского моря в зимний период современными, надёжными техническими, радионавигационными, и другими средствами, для обеспечения их бесперебойной и безаварийной работы в любой гидросиноптической и ледовой обстановке.

Осуществление этих мер может существенно повысить рентабельность работы водного транспорта на Каспийском море. При этом создаются новые возможности для улучшения экологической обстановки в регионе, так как вероятность аварий на судах, в том числе нефтеналивных, а также портовых комплексов в результате повышения оправдываемости предупреждений об опасных гидрометеорологических явлениях, значительно снизится.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хондожко Л.А. Экономическая метеорология. – СПб: Гидрометеиздат, 2005. – 491 с.

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОЙ ОКЕАНОЛОГИИ ДЛЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Зеленько А.А., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С.

ФГБУ "Гидрометцентр России", г. Москва, Россия, zelenko@metcom.ru

The subject of operational oceanography with regard to the Caspian Sea region is briefly considered along with the activities of Hydrometeorological Centre of Russia in this field. Methodological and technological features of existing informational and forecasting systems are discussed. The nomenclature of information production is given and its dissemination is presented.

Первые, датируемые началом 1980-х годов, оперативные информационные системы для морского гидрометеорологического обслуживания оперировали характеристиками, традиционно относящимися к предмету морской метеорологии. К ним, в первую очередь, относятся параметры состояния приземного слоя атмосферы и характеристики поверхности океана. Такого рода информация важна для ряда областей морской деятельности. Однако во многих случаях необходимы также сведения об эволюции основных гидрофизических полей в толще Мирового океана и морей.

С началом века в океанологии произошли принципиальные качественные изменения, собственно и породившие её самостоятельную отрасль — оперативную океанологию. Заметное развитие получили гидродинамические модели океана, которые позволяют (на базе высокопроизводительных вычислительных систем) воспроизводить с гораздо большей адекватностью реальное состояние океана и морей. В части наблюдательных систем, помимо резкого увеличения объемов информации и повышения оперативности её распространения, решающее значение имеет внедрение новых наблюдательных подсистем. Тем самым сложилась необходимая основа для создания оперативных систем диагноза и прогноза состояния Мирового океана и морей, подобных успешно действующим метеорологическим системам.

Круг решаемых к настоящему времени задач оперативной оценки текущего и ожидаемого состояния Каспийского моря и, соответственно, состав конечной информационной продукции определяется уровнем взаимного развития составляющих главной триады оперативной океанологии "оперативные наблюдения — оперативная обработка (модели) — оперативная продукция". Основные задачи текущего периода и ближайших лет связаны с развитием действующих и созданием новых средств получения регулярной метеорологической и океанологической информации (продукции) по следующим направлениям:

- глобальный анализ и среднесрочный (5-7 суток) прогноз основных метеорологических полей приземного слоя атмосферы для океанов и морей с разрешением ~10 км;
- краткосрочный (48-72 час) метеорологический прогноз регионального масштаба на базе негидростатических моделей с детализацией опасных явлений и разрешением ~1 км;
- среднесрочный прогноз параметров ветрового волнения в Каспийском море (разрешение 2-3 км, заблаговременность 3-5 суток);
- краткосрочный прогноз параметров ветрового волнения в Каспийском море (разрешение ~0,5 км, заблаговременность 48-72 час);
- анализ и прогноз полей температуры поверхности моря на базе синтеза данных контактных и спутниковых наблюдений и модельных расчетов;
- диагноз и прогноз эволюции ледового покрова Каспийского моря на базе синтеза данных контактных и спутниковых наблюдений и модельных расчетов;

- прогноз колебаний уровня, включая ветровые сгонно-нагонные явления в Каспийском море;
- диагноз текущего состояния основных гидрофизических полей Каспийского моря на базе системы усвоения оперативных океанографических данных;
- среднесрочный прогноз основных гидрофизических полей Каспийского моря.

Работы Гидрометцентра России по оперативной океанологии, применительно к акватории Каспийского моря, ведутся в русле этих общих тенденций и задач. Для некоторых из них уже реализованы или реализуются морские информационно-прогностические системы, для других такие системы могут быть внедрены в ближней перспективе.

В составе регулярной информационной продукции, получаемой на базе подобной системы для Каспийского моря, следует отметить, в первую очередь, прогноз метеорологических полей, прогноз параметров ветрового волнения, диагностическую информацию о температуре поверхности моря и состоянии ледового покрова, а также краткосрочный прогноз изменений уровня моря. Основная часть информационной продукции распространяется в цифровой и графической форме посредством Интернет-технологий и характеризуется достаточно высокой оперативностью.

Хотя реализованная информационно-прогностическая система для Каспийского моря функционирует достаточно эффективно, требуется практически непрерывная деятельность по её сопровождению и развитию. В плане перспективных масштабных работ следует выделить разработку системы усвоения океанографических данных и прогнозирования основных гидрофизических полей Каспийского моря с детализацией процессов в шельфовой зоне. Возможно, решающее значение для успеха этих разработок имеет обеспеченность соответствующими вычислительными ресурсами и эффективное решение организационных вопросов (в первую очередь — планирование и координация научно-исследовательских работ).

КРАТКОСРОЧНЫЕ И СРЕДНЕСРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ УРОВЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ВОЛНЕНИЯ ДЛЯ КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ивкина Н.И.

*Республиканское государственное предприятие «Казгидромет», г. Алматы,
Казахстан, n_ivkina@mail.ru*

MIKE 21 model developed in the Danish Hydraulic Institute is a structural element of the automatic transfer line of the operational system of the Caspian Sea level and wave forecasting with lead-time till 120 hours. The system allows to receive the meteorological information from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (UK); hydrological information - from the Kazakhstan's stations on the Caspian Sea by the communicative channels, to process it and to make necessary forecasts in the shortest possible time.

Прогнозирование гидродинамических процессов на Каспийском море является одной из важных задач Национальной гидрометеорологической службы Казахстана. В настоящее время наиболее подходящей физико-математической моделью изучения процесса наката и отражения волн являются гидродинамические уравнения мелкой воды. Система именно таких уравнений решается гидродинамическим модулем модели MIKE 21[1], разработанной в Датском гидравлическом институте и адаптированной к мелководным условиям Каспийского моря казахстанскими специалистами [2, 4]. Эта модель является структурным элементом технологической линии оперативной системы прогнозирования уровня моря с заблаговременностью до 120 часов. Система позволяет получать по каналам связи метеорологическую информацию из Европейского Центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), гидрологическую – с казахстанских станций и станций межгосударственного

обмена на Каспийском море, обрабатывать ее и в кратчайшие сроки составлять все необходимые прогнозы. Использование метеорологических прогнозов позволяет обеспечить упреждающее моделирование возможных последствий от штормовых нагонов. Для расчета используется численный прогноз с шагом сетки $0,25^0$, который поступает по frt-каналу в Казгидромет в соответствии с Соглашением с ЕЦСПП. Для улучшения качества расчета уровня воды с применением штормовой модели, учитываются ежегодные колебания уровня воды и сезонная специфика. Для этой цели в модель включены средние величины основных элементов водного баланса (речного притока и видимого испарения) и информация о ледовых условиях. Данная система успешно внедрена в оперативную практику РГП «Казгидромет. Прогнозы уровня составляются для восьми пунктов казахстанской и двух пунктов российской частей моря, выбранных таким образом, чтобы учитывались морфометрические условия и специфика синоптических процессов, развивающихся в этом регионе. В случае угрозы возникновения особоопасных сгонно-нагонных ситуаций выпускаются штормовые предупреждения. При необходимости, также составляются специализированные прогнозы ветровых течений.

Большое значение для районов Среднего Каспия имеют прогнозы волновой обстановки [3]. Для решения этой задачи была разработана методика прогноза волнения с использованием, созданных на основе кривой Бретшнейдера, расчетных таблиц для определения характеристик волнения (высота волны и период волны), которая также успешно внедрена в производство и в настоящее время Казгидромет осуществляет выпуск бюллетеня и прогнозов волнения с заблаговременностью 5 суток для 3-х квадратов открытой акватории Каспийского моря, а также бухт Баутино и Курык. В соответствии с договорами, выпускаются прогнозы волнения для районов нефтедобычи. В качестве входной характеристики также используется информация, получаемая из Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды.

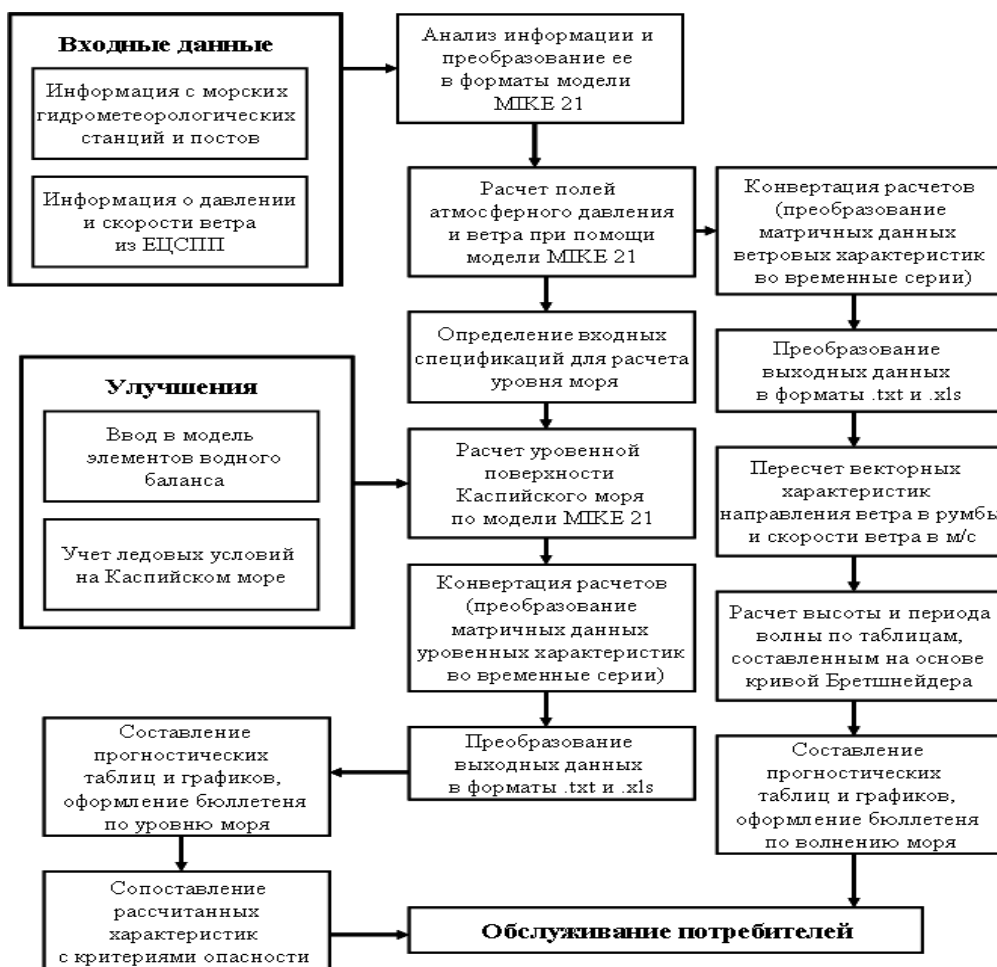


Рис. 1. Блок-схема составления прогнозов уровня и волнения на Каспийском море
 Как показали результаты оценки точности и эффективности краткосрочных и среднесрочных прогнозов уровня и волнения Каспийского моря, оправдываемость автоматизированного метода прогноза более 80 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Warren, I.R., Bach, H.K. MIKE 21- a modeling system for estuaries, coastal waters and seas // Environmental software. – 1992. - Vol. 7.- № 4.- P. 229-240.
2. Ивкина Н.И. Стонно-нагонные явления в устьевой зоне казахстанского сектора Каспийского моря/ Труды государственного океанографического института (ГОИН Росгидромета).- Вып. 214.-2013.- С. 278-290.
3. Исследование режима волнения в казахстанской части Каспийского моря/ Отчет о НИР; отв. исп. Ивкина Н.И.- № ГР 0106РК00045, Инв. № 0206РК00297.- Алматы.-2005.- 143 с.
4. Йенсен Х.Р., Ивкина Н.И., Строева Т.П. Некоторые результаты тестирования системы предупреждения штормовых нагонов на Каспийском море// Гидрометеорология и экология.- 2002.- N 1.- С. 93-100.

NUMERICAL SIMULATION OF WIND DRIVEN WAVE IN SOUTHERN CASPIAN SEA USING SWAN AND MIKE21 (CASE STUDY: OFF SHORE REGION OF AMIR ABAD)

Behzad Layeghi

I.R. of Iran meteorological organization, Tehran, Iran, layeghi2001@yahoo.com

In this study, wind driven wave was simulated in the Caspian Sea using two numerical models, SWAN and MIKE21. Input data for this study was obtained from ETOPO1 (bathymetry) and NOAA (wind field). Time duration of this study was 2011. For verification of these models, data of the buoy installed in off shore region of Amir Abad was used. For Mike21, module spectral wave with flexible mesh was used and the model run from 1st Jan to 31 Dec 2011 (figure 1).

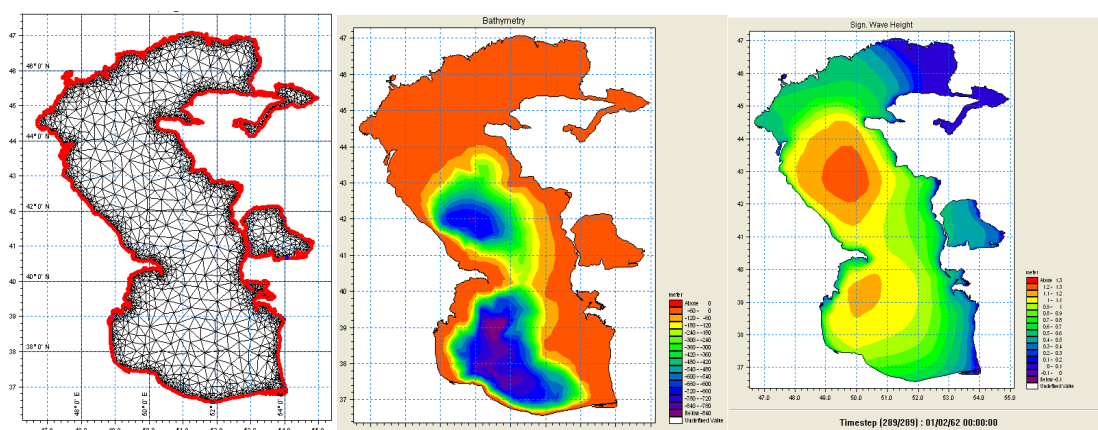


Figure 1. flexible mesh used(left), bathymetry of Caspian Sea(middle) and wave height of Caspian Sea(right) Simulated by MIKE21

The result of simulation, show that the model simulated wave characteristics perfectly in off shore region of Caspian Sea. A sample of the results has been shown in (figure 2).

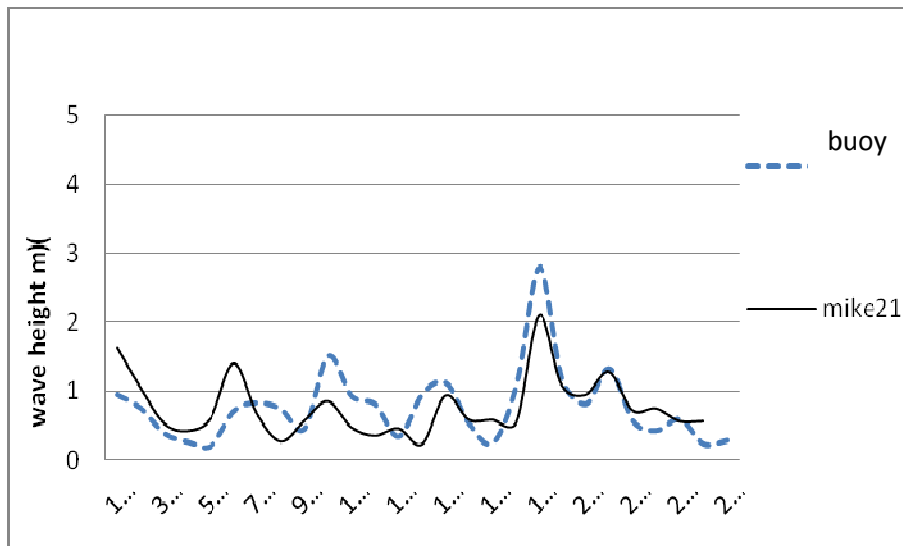


Figure 2. Comparing buoy data and MIKE21 output in April 2011

Also, SWAN model was configured on the study area and run for the whole of 2011. The regular grid and a sample of the model output has been shown in (figure 3).

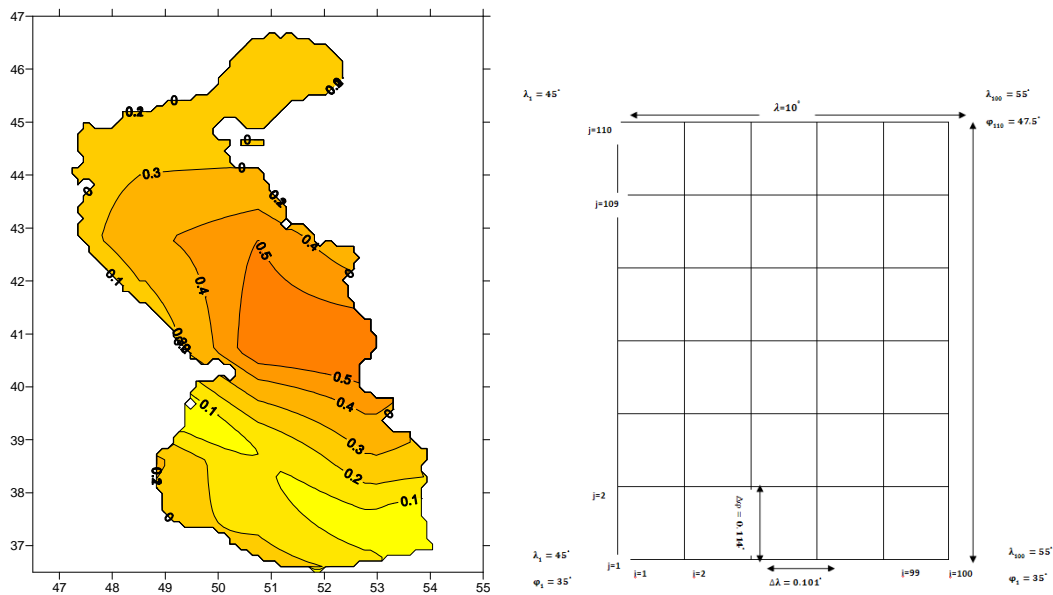


Figure 3. regular grid of the model (right) and a sample of the model output (left)

Comparing between buoy data and model output show that this model, similar to MIKE21, works well for simulating wave specification in off shore. A sample of this comparison has been given in (figure 4).

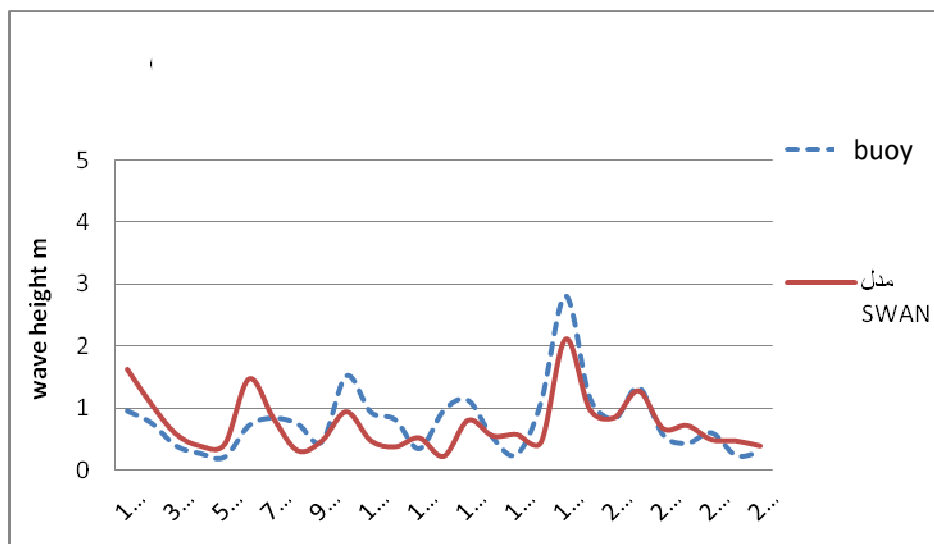


Figure 4. Comparing buoy data and SWAN output april 2011

REFERENCES:

1. Ris, R.C., 1999. Model convergence of SWAN in the Westerschelde estuary. WL|Delft Hydraulics, Report H3496.
2. De Waal, J.P., 2001. Wave growth limit in shallow water. Proc. 4th Int. Symp. Waves 2001, pp. 560–569.
3. Rogers, W.E., J.M. Kaihatu, H.A. H. Petit, N. Booij, and L.H. Holthuijsen, 2002: Diffusion reduction in a arbitrary scale third generation wind wave model, Ocean Engng., 29, 1357-1390.
4. Stelling, G.S. and J.J. Leendertse, 1992: Approximation of convective processes by cyclic AOI methods, Proceeding 2nd international conference on estuarine and coastal modeling, ASCE Tampa, Florida, 771-782.
5. Booij, N., and L.H. Holthuijsen, 1987, Propagation of ocean waves in discrete spectral wave models, Journal of Computational Physics, vol. 68, 307-326.
6. Tolman, H. L., 1995: On the selection of propagation schemes for a spectral wind–wave model. NWS/NCEP Office Note 411, 30 pp. + figures.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ МОДЕЛИ ВЕТРОВОГО ВОЛНЕНИЯ ДЛЯ БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Мартынов С.Л.

*Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Москва,
Россия, crecito@mail.ru*

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-05-31197

The analysis of formulae of forcing components of wave model WaveWatch III v 3.14 has identified a group of parameters having the most sufficient influence on modelling results. As a result of the experiments the values of parameters are found providing some increase of wave modelling precision on different sections of boundary area between deep and shallow water.

Волновые модели позволяют при известных входных прогностических величинах (скорости приводного ветра, разницы температур вода–воздух, сплоченности морского льда)

рассчитывать изменения со временем плотности спектрального распределения дисперсии отклонений поверхности моря. По известной плотности могут быть затем определены производные величины, представляющие практический интерес для потребителей морской информации, такие как высота преобладающих волн, средняя длина волн, средний период, направление распространения волн и т.д.

Для всестороннего изучения и практического применения была выбрана модель ветрового волнения WaveWatch III v 3.14. Помимо расчетного ядра, прогностическая система включает средства конфигурирования расчетных областей, подготовки входной информации и визуализации выходных данных.

Оправдываемость прогнозов определяется путем поточечного сопоставления прогностических значений высоты волн (SWH) с данными спутниковых измерений из базы данных RADS (Radar Altimeter Database System), поддерживаемой в Дельфтском институте исследований Земли из космоса (Delft Institute for Earth-Oriented Space research – DEOS). База пополняется данными измерений со спутников серии «Earth Resources»: Jason-2, Envisat-1, ERS-2, Cryosat-2. Данная методика подробно описана в [1].

В основе решения задачи математического моделирования распространения поверхностных волн лежит составление и параметризация уравнения эволюции волновой энергии как функции направления и частоты. В современных численных моделях обычно используется уравнение в виде Хасселманна [2]:

$$\frac{\partial F(f, \theta)}{\partial t} + c_g \cdot \nabla F(f, \theta) = s_{in}(f, \theta) + s_{nl}(f, \theta) + s_{ds}(f, \theta)$$

В правой части уравнения $s_{in}(f, \theta)$ символизирует компоненту ветровой накачки (input), $s_{nl}(f, \theta)$ - компоненту нелинейного взаимодействия (nonlinear interaction), $s_{ds}(f, \theta)$ - диссипацию волновой энергии (dissipation). На предельно малых глубинах в правой части появляются слагаемые $s_{db}(f, \theta)$, учитывающее процесс обрушения гребней волн при резком уменьшении глубины (depth-induced breaking), $s_{tr}(f, \theta)$, описывающее тройное взаимодействие волн (triad wave-wave interaction), $s_{sc}(f, \theta)$, связанное с отражением и рассеянием волн на наклонном дне (bottom scattering), а также компонента донного трения $s_{bot}(f, \theta)$ (bottom friction).

Параметризация модели WaveWatch III v 3.14 приведена в [3]. Анализ формул для перечисленных компонентов накачки показал, что наибольшее влияние на точность модельного воспроизведения волнового спектра должны оказывать следующие параметры: C_{ds} , Γ , α , γ , α_0 , β_{max} .

Безразмерная константа C_{ds} является коэффициентом пропорциональности диссипативной компоненты накачки $s_{ds}(f, \theta)$. Для глубокой воды обычно используется значение -2,1. Значение -2,05 дает увеличение оправдываемости прогноза высоты волн на 0,2% в целом для всего Каспийского моря за счет более высокой оправдываемости в зоне резкого уменьшения глубин, компенсирующей незначительное снижение в глубоководной части.

Размерная константа Γ определяет вклад компоненты донного трения $s_{bot}(f, \theta)$ в суммарную величину накачки. Она принимается по умолчанию на уровне $-0,067 \text{ м}^2\text{с}^{-3}$. Варьирование данного параметра от значений $-0,50$ до $-0,75 \text{ м}^2\text{с}^{-3}$ показало, что оправдываемость прогноза преимущественно уменьшается по мере удаления от установочного значения, которое может считаться оптимальным для используемой конфигурации.

Безразмерный параметр α , влияющий на величину компоненты обрушения гребней волн $s_{db}(k, \theta)$, варьировался в пределах 0,7-1,3. Значение 1,1 позволяет достигать увеличения оправдываемости на 0,2% в северной мелководной части Каспийского моря, не изменяя заметным образом оправдываемость на глубоководной части акватории. Для моря в целом улучшение прогноза составляет не более 0,1%.

Безразмерная константа γ , являющаяся коэффициентом пропорциональности максимальной высоты волны как функции средней глубины, принимается в модели для случая глубокой воды равной 0,73. Поскольку квадрат этой константы вместе с α определяет величину $s_{\text{вст}}(f, \theta)$, варьирование одновременно с α смысла не имеет. При неизменном α увеличение этого параметра до 0,75 дает повышение общей оправдываемости по акватории на 0,1%, дальнейшее увеличение параметра ухудшает результаты моделирования.

Два безразмерных параметра α_0 и β_{max} сложным образом влияют на выражение для компоненты ветровой накачки $s_{\text{ин}}(f, \theta)$, причем α_0 влияет через величину коэффициента шероховатости водной поверхности, а β_{max} - константа роста, входящая в выражение для $s_{\text{ин}}(f, \theta)$ как в виде множителя, так и через нелинейную величину, зависящую от скорости ветрового трения и направления распространения волн относительно направления ветра. Коэффициент α_0 в используемой параметризации имеет значение 0,0095, β_{max} равно по умолчанию 1,2. Варьирование первого из этих коэффициентов показало, что по мере удаления от установочного значения в обе стороны оправдываемость падает практически во всех контрольных точках и в целом по акватории. Параметр β_{max} при значении 1,23 дает увеличение оправдываемости по северной части акватории на 0,2%, в целом для моря оправдываемость улучшается менее чем на 0,1%.

Таким образом, тонкая настройка параметров ветровой модели для акватории Каспийского моря, характеризующейся наличием двух выраженных частей существенно различной глубины с резким переходом между ними, позволяет повысить оправдываемость прогноза ветрового волнения примерно на 0,5%, до значений 88,0-88,1% для первых суток прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реснянский Ю.Д., Зеленко А.А., Струков Б.С., Мартынов С.Л. Система прогнозирования ветрового волнения и результаты ее испытания для Азовского, Черного и Каспийского морей. Информационный сборник Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды «Новые технологии, модели и методы гидрометеорологических прогнозов и результаты их оперативных испытаний». № 40, 2013 г. М.: Изд. «Информполиграф». С. 64-79.
2. Hasselmann, K., 1960: Grundgleichungen der seegangsvoraussage. Schistechnik, 1, 191-195.
3. Tolman H.L.: User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14. NOAA /NWS/NCEP / MMAB Technical Note 276, 194 pp. + Appendices. – 2009. – (<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch>).

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗА УРОВНЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ НА СРОК ОТ ОДНОГО ГОДА ДО ДЕСЯТИ ЛЕТ

Монахов С.К., Волков И.Н., Суслов А.В.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия,
kaspimiz@mail.ru*

A new method of forecasting of the Caspian Sea level is presented. It is based on the computation of harmonics. According to the method the sea level is going to rise in 2016-2017.

Создание Генерального каталога уровня Каспийского моря открыло новые возможности для разработки методов прогноза его многолетних колебаний. Продемонстрировать это удобнее всего, используя метод периодичностей, который наряду с

физико-статистическим и вероятностно-статистическим методами используется для составления прогнозов уровня Каспийского моря.

Метод периодичностей исходит из предположения, что колебания уровня моря представляют собой наложенные друг на друга циклы различной амплитуды и продолжительности (далее называемые гармониками). Впервые этот метод был предложен Б.Ф.Шляминим, предсказавшим в 1962 г. повышение уровня моря в период с 1975 по 2032 год, используя сочетание 4-х гармоник с периодом 11, 35, 100 и 500 лет в соотношении амплитуд 1:2:4:7.

На сегодняшний день в многолетних колебаниях уровня Каспийского моря вскрыто множество гармоник. Накопленный опыт позволил сформулировать требования, которым должны обладать те из них, которые претендуют на прогностическую значимость. Эти гармоники должны:

- вносить большой вклад в общую изменчивость уровня моря на отрезке времени, равном заблаговременности прогноза;
- иметь высокую повторяемость в пространстве (на различных постах) и времени (в различные месяцы года);
- иметь совпадающие частоты во временных рядах среднего, минимального, максимального уровня моря;
- быть согласованы хоть в какой-то мере с колебаниями стока р. Волги.

Для того, чтобы распознать гармоники, удовлетворяющие этим требованиям, необходимы данные, единственным источником которых в настоящее время является Генеральный каталог уровня Каспийского моря, созданный КАСПКОМ. Анализ этих данных показал, что при заблаговременности прогноза, не превышающей 20-25 лет, этим требованиям удовлетворяют только гармоники с периодом 12-13 и 17-19 лет.

Путем различного сочетания данных гармоник получено 6 прогностических моделей, благодаря применению которых к различным постам (Махачкала, Баку, Красноводск и Актау) был получен ансамбль из 24 прогностических моделей. При этом из них была выделена одна (солевая), лучше всего воспроизводящая фактические изменения уровня моря в 1996-2015 гг. Для составления прогноза уровня Каспийского моря использовались как солевая, так и ансамблевая модель (среднее значение по ансамблю).

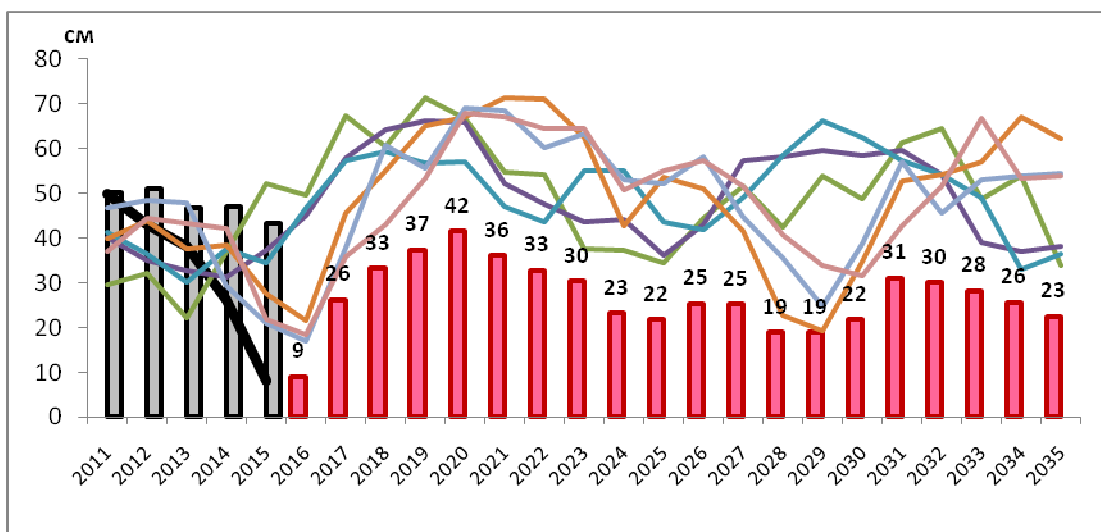


Рис. 1 Фактический (черная жирная линия) и рассчитанный с использованием ансамбля моделей (тонкие линии) уровень моря в 2011-2035 гг. Столбчатая диаграмма – средний по ансамблю уровень, приведенный к базовой отметке. За базовую отметку для 2011-2015 гг. взят фактический уровень в 2011 г., для 2016-2035 гг. – фактический уровень в 2015 г.

Представленные на рис. 1 результаты прогноза с использованием 6 базовых ансамблевых моделей (среднее значение по 4-постам), показывают, что согласие в ходе кривых уровня моря, рассчитанных с использованием различных моделей, наблюдается до 2025 г., после чего они начинается их расхождение. Поэтому численный прогноз, представленный в табл. 1, ограничивается этой датой.

Таблица 1 – Прогноз годовых приращений уровня Каспийского моря на 2016-2025 гг. (см)

Метод прогноза	Годы									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Сольный	-12	30	10	24	1	-5	-1	-15	-14	-2
Ансамблевый	1	17	7	4	5	-6	-3	-3	-7	-1

Как видно из табл. 1, ожидаемые в соответствии с сольным и ансамблевым прогнозом изменения уровня моря в 2016-2025 гг. в отдельные годы (2017-2018, 2024-2025 гг.) совпадают друг с другом, а в 2019-2023 гг. следуют друг за другом, отличаясь только размахом.

Резкое отличие заметно в 2016 году, в соответствии с сольным прогнозом ожидается снижение уровня на 12 см, а в соответствии с ансамблевым – повышение уровня на 1 см относительно 2015 г. Вообще точное определение точки перегиба на прогностической кривой является «ахиллесовой пятой» всех моделей временных рядов, поэтому нельзя исключать того, что эта точка перенесется на 2017 год.

После прохождения точки перегиба уровень моря начнет расти, причем быстрыми темпами (в оценке темпов роста лучше ориентироваться на сольный прогноз).

Исходя из тесной связи годовых приращений уровня моря со стоком р. Волги, их ожидаемые значения можно использовать в качестве ориентира для прогноза стока объема волжского стока. Полагаясь на цифры, приведенные в табл. 1, в 2017 году (± 1 год) следует ожидать высокого половодья на р. Волге. Кроме того в ближайшие годы должен произойти перерыв в череде маловодных лет, начавшейся в 2006 году.

**THE NECESSTY OF EXPANDING THE METEOROLOGY
AND MONITORING NETWORK IN OMAN COASTS
(AS A PART OF THE GREAT MAKRAN COAST DEVELOPMENT PLAN)**

**Mohammad Reza Amirmoradi¹, Mohammad Reza Salari Fanoodi^{*2}
Mehdi Salari Fanoodi³, Chakavak Khajeh Amiri Khaledi⁴**

¹*Sistan and Baluchestan Province Director General of Weather Bureau*

²*Head of Chabahar Marine Weather Bureau-rsalari@sbmet.ir*

³*Meteorological responsible expert- Sistan and Baluchestan Province Weather Department General*

⁴*Faculty Member of Chabahar Maritime University*

Since Makran (Oman) Sea coasts, particularly Port of Chabahar, are located out of the Persian Gulf area and Strait of Hormuz and reach international waters, they are very important either in terms of national dimension, as Iran's eastern development hub, or in terms of transnational aspect, as the communication bridge between Middle Asia region and Southeastern Asia countries.

On the other hand, today, weather data, as the baseline for implementing the development, social and economic projects, that are designed to develop each area, play a key role in most of the developed and even developing countries. In some countries, the weather systems serve the local authorities as a helpful arm. Unlike some considerations, that restrict the weather services range to

predict only weather trends, development in eleven sections (including healthcare, energy, commerce, sports, the environment, urban management, foodstuff supply, routine affairs, social security, etc.) will be unsustainable without weather data and studies. Today, the weather data have become so important that meteorology has become a key factor in the sustainable development area and is used in planning phase of most projects and also weather data are vital for construction of the infrastructural facilities.

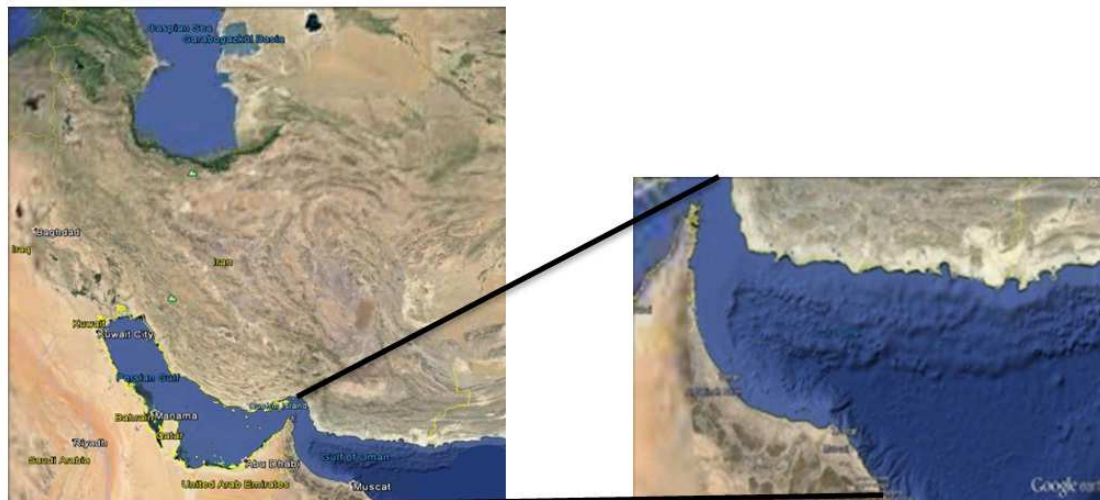


Figure 1- Makran Sea

Regarding what was said and the Makran Coasts development plan perspective, which is confirmed by the Supreme Leader of the Islamic Revolution of Iran, Ayatollah Khamenei, and is emphasized by the Iranian government, predicting and launching standard weather stations to collect weather data across the Oman Sea coasts are necessary. This subject will be addressed in this study in order to take necessary strides to realize a comprehensive development. According to the suggested development plan, construction of marine weather stations in three important points (Pasabandar, Konarak and Bandar-e Tang) has been suggested, which they have necessary coverage and will monitor weather data. Moreover, launching several marine specialized systems has been predicted and will be explained in detail in this study.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПОГРАНИЧНОГО И ПРИЗЕМНОГО СЛОЕВ В МОДЕЛЕ WRF ДЛЯ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Петриченко С.А., Новицкий М.А., Терёб Л.А.

ФГБУ НПО "Тайфун", г. Обнинск, Россия, e-mail: s_petrichenko@mail.ru

To select the optimum configuration of the WRF model to better describe the temporal and spatial variability of meteorological parameters in the boundary and surface layers of the atmosphere one of the best methods is the validation of the calculation results according to direct measurements. Unfortunately, systematic direct measurements of meteorological parameters over the sea surface is highly unlikely, it is therefore appropriate to adapt for this purpose the results of direct measurements over land. In the present report contains the results of the comparison of direct measurements of the variability of meteorological parameters made at the Meteorological Tower in Obninsk with the results of modeling of the same parameters using the WRF model for the two most used parameterizations of the boundary layer and the meteorological situations encountered in marine environments.

Для выбора оптимальной конфигурации модели WRF с целью адекватного описания временной и пространственной изменчивости метеопараметров в пограничном и приземном

слоях атмосферы одним из лучших методов является валидация результатов расчетов по данным прямых измерений. К сожалению, систематические прямые измерения метеопараметров над морской поверхностью малореальны, поэтому целесообразно приспособить для этой цели доступные результаты прямых измерений над сушей. В представленном докладе приведены результаты сравнения прямых измерений изменчивости метеопараметров, сделанных на высотной метеорологической мачте (ВММ) НПО "Тайфун" в г. Обнске с результатами расчетов этих же метеозаэлементов при помощи модели WRF для двух наиболее используемых схем параметризации пограничного слоя и метеоситуаций, встречающихся в морских условиях, в частности, на Каспии.

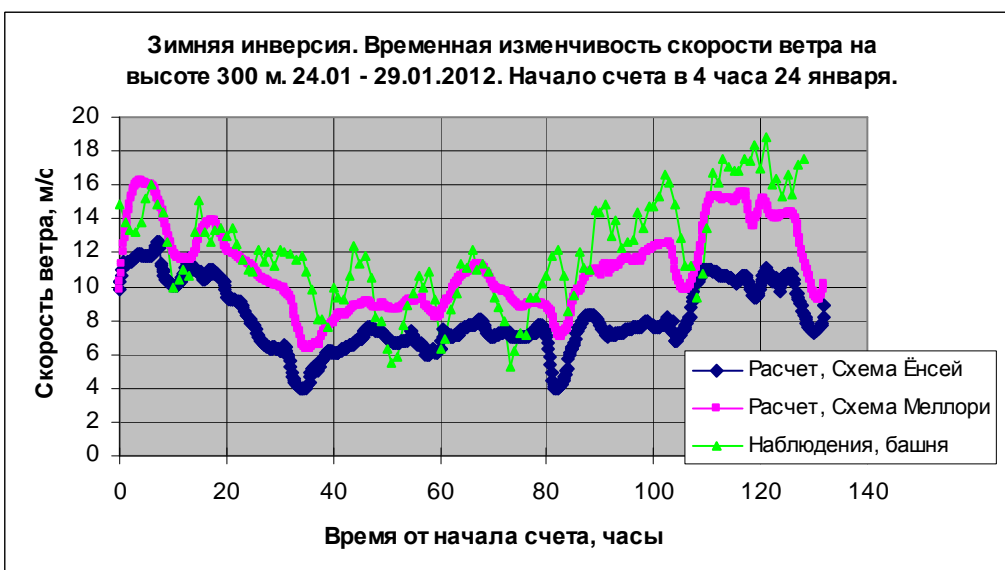
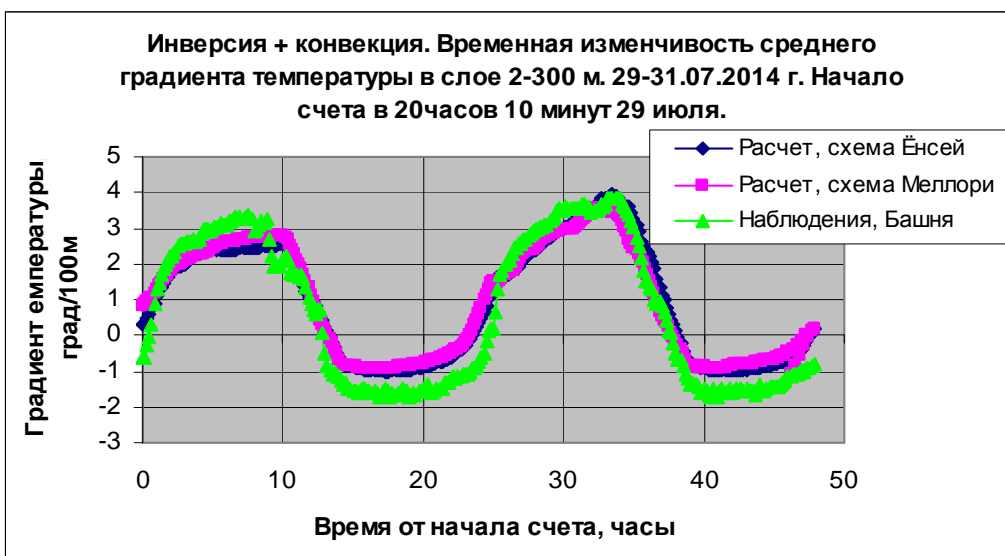
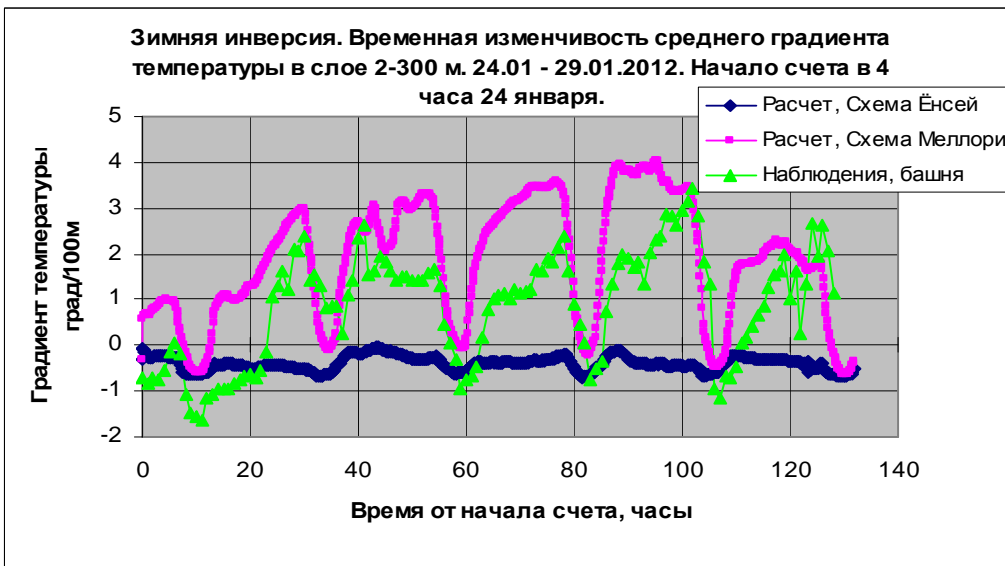
Рассмотрены были следующие метеоситуации: мощные зимние радиационные инверсии температуры в приземном слое; смерч; аномальная жара; интенсивный ливень; летние инверсии приземной температуры, перемежающиеся конвекцией. В течение всех рассматриваемых ситуаций проводились прямые измерения метеопараметров на балконах ВММ в 300 метровом слое.

На модели WRF были проведены расчеты временной изменчивости метеозаэлементов в приземном и пограничном слое для указанных выше погодных ситуаций для точки с координатами высотной метеорологической мачты. Расчеты проводились для двух схем параметризации пограничного слоя атмосферы: 1) Схема университета Ёнсей - нелокальная схема, в которой включен противогрдиентный член для учета перемешивания более крупными вихрями и 2) Схема Меллора-Ямады-Янича – одномерная прогностическая схема, в которой перемешивание определяется локальными градиентами. Также были использованы соответствующие схемы для приземного слоя.

По результатам проведенных расчетов в большинстве случаев получено удовлетворительное совпадение временного хода расчетных значений температуры, градиента температуры, скорости и направления ветра с соответствующими значениями, измеренными на различных горизонтах (балконах) ВММ при использовании параметризация Меллора-Ямады-Янича для всех рассмотренных ситуаций.

При использовании параметризации университета Ёнсей расхождения расчетных и наблюдаемых значений метеопараметров в некоторых ситуациях, но не во всех, существенно большие, а в отдельных случаях они не стыкуются. Например, для ситуации с мощной радиационной инверсией расчет с использованием параметризации университета Ёнсей вообще не показывает наличие инверсии температуры в 300 метровом слое. В то же время при расчете с использованием параметризация Меллора-Ямады-Янича временной ход модельного градиента температуры в 300 метровом слое практически полностью повторяет изменчивость реального градиента.

Ниже на рисунках для примера приведены временные изменчивости (измеренные и расчетные) среднего градиента температуры в нижнем 300 метровом слое атмосферы в условиях зимней и летней инверсии и скорости ветра на высоте 300 метров для первого случая.



HYDROLOGICAL SURVEYS ON THE SOUTH-EASTERN BOUNDARY OF THE CASPIAN SEA

Siamak Jamshidi

*Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science, Tehran, Iran
Jamshidi@inio.ac.ir*

Field surveys: The Caspian Sea with rich hydrocarbon and biological resources plays an important role in the world [1-3]. This is the unique sea in the world which has a large stock of sturgeon with 85% of world's caviar production [4,5]. The investigation on distributions of seawater properties is a basic requirement for the ecological and environmental researches, water quality and coastal processes studies in the Caspian Sea [6,7]. In the study, hydrological parameters and physical structure of seawater on the southern coastal waters of the Caspian Sea were analyzed. The physical parameters of seawater in the study area were measured using a portable Ocean Seven 316 CTD probe. Data collection was performed with profiler in free falling mode in every second with time interval one meter per second. The probe measured physical parameters of seawater with rate of one set per second as the probe was lowered.

Results: during surveys water temperature was ranged between 22.8°C and 6.5°C from sea surface to bottom. Water column stratification consists of surface mixed, thermocline and deep-water layers. Analysis of the results showed a seasonal thermocline located between 20-80 m depths with 13°C temperature gradient (22.2°C to 9.2°C) across it. The water body over the continental shelf was mainly located in the surface mixed layer and thermocline. Temperature decreased to 6.5°C below the thermocline until bottom. The salinity varied in range of 12.65-12.31 psu between sea surface and bottom. The density variations were between 1007.8–1010.6 kgm⁻³ from surface to the bottom with a pycnocline layer, which was detected at the place of thermocline. According to T-S-D diagram, three water masses were identified in the study area; the first water mass is surface mixed layer, which consists of water influence by local rivers, the second water mass is related to the seasonal thermocline and third mass is deep layer. Climatic fields of water temperature in the southern coastal waters of the Caspian Sea in the surface layer and 30m depth in August was reported about 28°C and 21°C, respectively. In summer, stratification of seawater column in the southern coastal waters of the Caspian Sea is in the strongest situation and goes to destruction during autumn. Results of the current research showed a thermal stratification of seawater consists of surface mixed layer, seasonal thermocline (between 20–80 m depth) and deep layer. Variations of seawater properties in the mixed layer and thermocline were considerable. Below thermocline, variations of seawater parameters are slight. The deep layer in the southern continental shelf of the Caspian Sea has homogeneity in variations of physical parameters. Variations of sound speed were approximately between 1500–1450 ms⁻¹ from surface to depth. Vertical changes of sound speed across the thermocline were sharp. Due to the high agreement between sound speed and temperature and similarity of their variations, stratification of upper mixed layer, thermocline and deep layer can be clearly seen in sound speed structures. Effect of temperature on the sound velocity variation is more than salinity. The sound speed increases with increase of the temperature in the Caspian Sea water.

The seawater column in the southern Caspian Sea is characterized by the presence of a strong seasonal stratification or, a thermocline that extends down to 80 m at a temperature difference of up to 13 degree across in the time of the measurements. The initial formation of the thermocline is during spring as water surface heating rose because of increasing sunlight. The thermocline continued to grow and attained a fully developed condition in summer. In autumn, as surface mixing increased, the deepening of surface mixed layer was observed. The thermocline layer was squashed downward in water column.

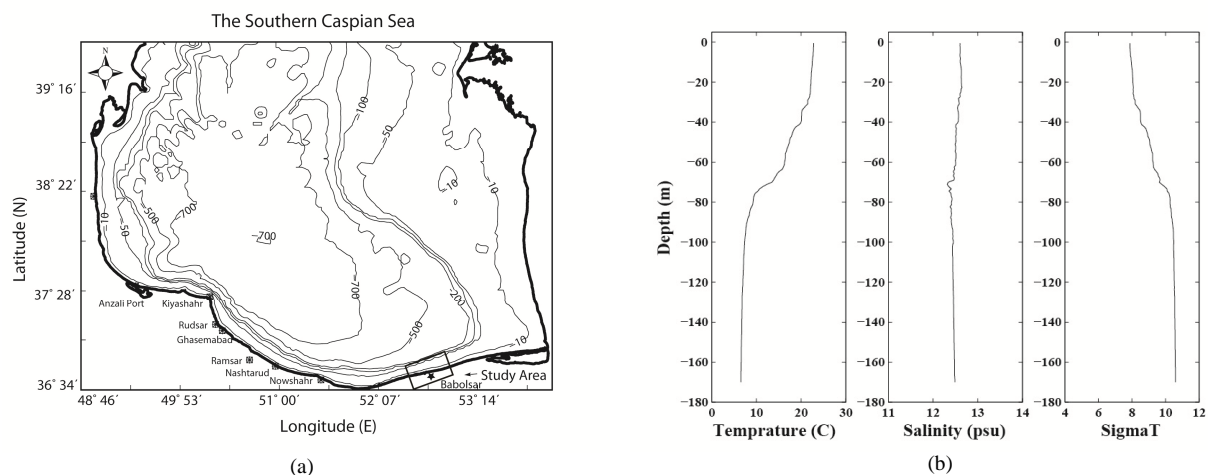


Figure 1: a) The southern Caspian basin, b) Vertical profiles of temperature, salinity and density

Consequently, the mixed surface layer reached its maximum width in the region and the thermocline layer became thin. The pycnocline was observed in the position of the thermocline during autumn. Seawater temperature is the primary factor that controls other physical components of seawater properties, as well as marine environmental components.

Thermal stratification and its seasonal variations are important environmental factors in biological studies, as well as in the study of the mixing processes and distribution of lagoon and river discharges into coastal areas. Temperature affects the changes in water quality and biological reactions in the study area. Salinity is also an important seawater property in the southern Caspian Sea. Unlike the pattern of seawater temperature, the salinity exhibited an increasing trend with depth and at a much smaller range. To a smaller extent, variations in the seawater salinity affected the seasonal changes in the physical structure of the water column. The seawater density increased steadily with depth and reached more than 1010 kgm^{-3} in deeper layers. The structure of the seawater density exhibited a high vertical gradient of density, which consequently reduced the vertical mixing process but increased the vertical stratification of the water column.

REFERENCES

1. Dumont H.J. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnology Oceanography* 43(1), 44–52, 1998.
2. Kosarev, A.N. and Kostianoy, A.G. Introduction. In: A.G. Kostianoy, et al (eds.). *The Caspian Sea Environment*, Berlin: Springer-Verlag. 1-3, 2005.
3. Zonn(b) I.S. Economic and International Legal Dimensions. In: A.G. Kostianoy, et al (eds.). *The Caspian Sea Environment*, Berlin: Springer-Verlag. 243-256, 2005.
4. Zonn(a) I.S. Environmental Issues of the Caspian. In: A.G. Kostianoy, et al (eds.). *The Caspian Sea Environment*, Berlin: Springer-Verlag. 223-242, 2005.
5. Korshenko A.N. and Gul A.G., (2005). Pollution of the Caspian Sea. In: A.G. Kostianoy, et al (eds.). *The Caspian Sea Environment*, Berlin: Springer-Verlag. 109-142, 2005.
6. Zaker N.H. Characteristics and seasonal variations of dissolved oxygen. *International Journal of Environmental Research*, 1(4), 296-301, 2005.
7. Kosarev A.N. and Kostianoy A.G. Conclusion. In: A.G. Kostianoy, et al (eds.). *The Caspian Sea Environment*, Berlin: Springer-Verlag. 257-268, 2005.

О ПРОГНОЗЕ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА АЗОВСКОМ И КАСПИЙСКОМ МОРЯХ

Федоренко А.В.

ФБГУ “Гидрометцентр России”, Москва, Российская Федерация, avf8@yandex.ru

The paper analyzes the causes of intense cold spells on the Azov and Caspian Seas in winter. Such "cold waves" cause far more difficult ice conditions in the Sea of Azov. All cooling on the Azov Sea is associated with the development of an anticyclone over the Scandinavian peninsula and north-eastern Europe. Anticyclone over the Scandinavian peninsula, in turn, is a continuation of blocking ridges in the lower and middle troposphere of the northern hemisphere extending from the Arctic regions to the subtropics. Variability of ice characteristics of freezing seas can be an indicator of the general atmospheric circulation fluctuations over the Northern Hemisphere. Method of super-long forecast of winter temperature conditions for the Sea of Azov and Caspian Sea is presented.

В работе исследуются причины резких понижений температуры воздуха в зимний период над акваторией неарктических морей юга России. Такие “волны холода” сильно осложняют ледовую обстановку в Азовском море и на севере Каспийского моря как на коротких интервалах времени (около недели), так и на длительных – в течение всего ледового сезона. Для примера в таблице приведены данные о последствиях некоторых сильных похолоданий на Азовском море за последние 9 лет, где дата указывает на сроки похолодания; $t^{\circ}\text{min}$ – минимальная среднесуточная температура воздуха в Ростове-на-Дону при похолодании; ΔL (%) – изменение общей ледовитости моря в результате похолодания; Δh (см) – изменение толщины припайного льда в районе Мариуполя; ΔH (км³) – изменение объема льда в море.

Данные о резких похолоданиях на Азовском море с 2006 по 2015 гг.

дата	$t^{\circ}\text{min}$	ΔL (%)	Δh (см)	ΔH (км ³)
10.1-24.1.2006	-21	76	18	67
20.2-27.2.2007	-12	16	нб	16
2.1-9.1.2008	-16	73	26	92
19.1-26.1.2010	-18	65	8	39
15.2-1.3.2011	-13	77	20	69
24.1-6.2.2012	-17	90	28	100
18.12-28.12.2012	-16	30	-	24
24.1-31.01.2014	-24	84	-	56
5.01-10.01.2015	-24	30	-	10

Все похолодания на Азовском и Каспийском морях связаны с развитием антициклона над Скандинавским полуостровом и (или) северо-востоком Европы [2]. Антициклон над Скандинавским полуостровом, в свою очередь, является продолжением блокирующих гребней в нижней и средней тропосфере северного полушария, распространяющихся от арктических регионов до субтропиков.

Выявлены 10 типов блокирования в тропосфере. Наиболее общей ситуацией является объединение отрога Азорского антициклона с отрогом Тихоокеанского максимума; линия объединения проходит через северо-запад Северной Америки, Аляску, Новосибирские о-ва, север Сибири, Верхнюю Волгу, запад Средиземного моря. Изучен механизм развития блокирования и выявлены “блокирующие волны”, распространяющиеся с юго-запада Северной Атлантики и Мексиканского залива на северо-восток. Изменчивость ледовых

характеристик замерзающих морей может быть индикатором колебаний общей циркуляции атмосферы над северным полушарием

Разработан метод сверхдолгосрочного прогноза суровости зим на южных морях России, что является основой для прогноза ледовитости морей и продолжительности ледового сезона. Заблаговременность прогноза составляет 4 месяца. Проверка метода на примере зимних условий на Азовском море в период с 1990 по 2014 г. показала, что оправдываемость предложенного метода по независимому ряду на 20% выше, чем у инерционного метода прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тищенко В.А., Хан В.М. и др. Исследование развития атмосферных процессов блокирования и квазистационарирования антициклонов в Атлантико-Европейском секторе // Метеорология и гидрология.- 2013 - №7.- С.15-30.

2. Федоренко А.В. Исследование связи между атмосферными процессами над Скандинавским полуостровом и ледовыми условиями на Азовском море // Труды Гидрометцентра России.- 2011.- Вып. 345.- С. 105-117.

STUDY OF DUST STORM SYNOPTICAL PATTERNS OVER CASPIAN SEA

Maziar Gholami

*Iran Meteorology Organization, Rasht, Gilan, Iran.
maziargholami@yahoo.com*

According to the World Meteorology Organization definition, dust storm and sand storm are ensembles of particles of dust or sand lifted to great heights by strong and turbulent wind. They occur mainly in arid and dry regions and can move to other regions by atmospheric flows and play a significant role in atmospheric and marine environments. Dust can alter the Earth's radiative balance by lofting considerable amounts of mineral aerosols into the atmosphere and can make some changes in marine ecosystem. They threaten lives and health in these environments and numerous observational and modeling studies have shown that dust storms have considerable influence on air and sea by affecting air temperatures, may cause ocean cooling and deposition, and alter rainfall amounts. In this study we investigate the meteorological conditions that lead to the initiation of dust events and cause dust storm transfer to the Caspian Sea. For this purpose, we select the cases of dust storm that transfer to the Caspian Sea in recent five years (2011 and 2015). The main parameters used are several types of data and information that including synoptic maps (different levels from surface to 500hpa height), radiosonde data, satellite images. The method of the research is the synoptic approach.

The results show that several factors are involved in the creation of the dust storms, but the main factors are circulation of the atmosphere at the Earth surface and upper level. Low pressure (especially dynamic low) and the vertical motion of air are the main causes of dust storms in the Middle East especially over arid and dry regions of Syria, Iraq and Saudi Arabia. Dust storms form and develop when a low pressure zone (about 1005hpa or lower) locate in south of Syria or over Iraq that create cyclonic circulation above the Earth surface. Also the existence of a trough in upper level intensifies dust storms and vertical motion. This pattern causes that wind speed increase in surface and upper levels. After the creation of the dust storm by surface and low level instability over Iraq and Syria, it extends over Iraq and moves toward Iran because of shifting to the east due to the development of instability caused by the trough in upper level and northwest wind. Dust moves from west to east in different levels (from surface to upper levels) and can pass from Zagros Mountain and enter center of Iran.

It is found that dust storms can transfer over the Caspian Sea by three mechanisms. In the first mechanism when a low pressure zone is located over the Caspian Sea and a high pressure zone in the center of Iran, this pattern causes to form a south to north flow that forces dust to move from the center of Iran to the north. Dust particles can enter Gilan plain and the Caspian Sea through Sefidrood Valley (Manjil gap) at Earth surface and can pass from Alborz Mountain and enter Gilan plain and the Caspian Sea by upper level trough. This pattern is seen in some selected cases and synoptic station of Gilan meteorology organization which reported dust storms with low visibility and also satellite images showed this intrusion. This mechanism is usually accompanied with Foehn effect and warm wind (south wind) that radiosonde data confirm this results. Some cases follow the first pattern.

In the second mechanism, when high pressure extends to Earth surface and ridge (stability) dominate in upper levels over the Caspian Sea (Gilan plain) and most of Iran, therefore dust (that formed and intensified over Iraq or south of Syria) cannot spread to the central part of Iran. It moves toward northwest of Iran, Turkey and Azerbaijan by upper level wave (500hpa) and finally shifts to the east and over the Caspian Sea and moves with trough from higher latitude. Location of trough axis, region of upper level divergence, especially in 500hpa and formation of low pressure and position of other air masses at Earth surface have a major role in formation, dispersion and transmission of dust. Two cases follow the second pattern.

In the third mechanism, dust can form over Turkmenistan desert and move toward west (toward Caspian Sea). When high pressure extends (with strong gradient) to Earth surface over Turkmenistan desert, it can cause severe turbulence and make dust source and move toward west (toward Caspian Sea) by easterly wind. Two cases follow the third pattern.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

Яготинцев В. Н.

*Дагестанский ЦГМС – филиал ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС», г. Махачкала,
Россия, yagovlad1@ya.ru*

В настоящее время на континентальном шельфе в российской части Каспийского моря по добыче углеводородного сырья работает морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) им. Ю. Корчагина с которой по трубопроводу, проложенному по дну моря, углеводородное сырьё перекачивается на морской перегрузочный комплекс (МПК).

Заканчивается строительство новой нефтедобывающей платформы МЛСП им. Филоновского.

Платформа МЛСП им. Ю. Корчагина расположена в точке с координатами 44°54'50,32" с. ш. и 48°57'31,25" в. д. В 80-ти км южнее в точке с координатами 44°25'30,00" с. ш. и 49°01'36,51" в. д. находится МПК. МЛСП им. Филоновского расположена в точке с координатами 45°00'26,99" с. ш. и 48°31'00" в. д. в 60-ти км на северо-восток и также по трубопроводу добытая нефть будет перекачиваться на МЛСП им. Ю. Корчагина (см. рис. 1).

Кроме стационарных нефтедобывающих платформ на Российской части Каспийского моря, по всей акватории Каспийского моря постоянно перемещаются разведывательные буровые установки типа самоходной плавучей буровой установки (СПБУ) «Астра» и плавучей приглубной буровой установки (ППБУ) «Гейдар Алиев».

Гидрометеорологические наблюдения из МЛСП ведутся только на МЛСП им. Ю. Корчагина круглосуточно через два часа и передаются открытым текстом в те метеоподразделения, которые в настоящий момент осуществляют специализированное гидрометеорологическое обеспечение этой буровой платформы.

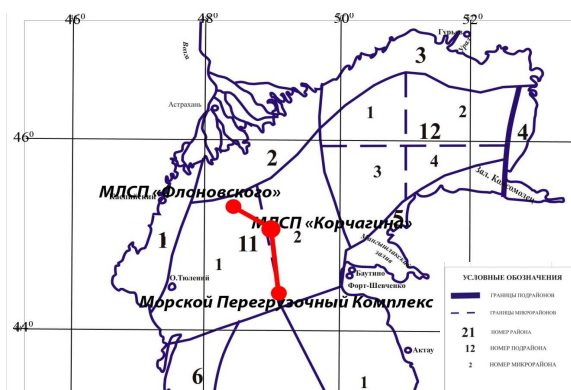


Рис. 1 Схема расположения стационарных нефтедобывающих платформ на российской части Каспийского моря

Гидрометеорологические наблюдения на разведывательных буровых установках ведутся круглосуточно, но передаются в гидрометеорологические подразделения только за дневные сроки т. к. отсутствует программа записи данных с метеостанции «МИЛОС – 500» на ПК.

Гидрометеорологические наблюдения на МПК ведутся круглосуточно, но в метеоподразделения не передаются. Для обеспечения гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности и в связи с выше изложенным считаю необходимым подготовить необходимые документы и произвести следующие работы:

1. Провести методическую инспекцию на предмет разрешительных документов для производства гидрометеорологических наблюдений как метеорологических приборов так и персонала который работает с этими приборами;

2. Упорядочить производство гидрометеорологических наблюдений и определить получателя результатов наблюдений;

3. Существуют очень сильная зависимость от погодных условий и очень большие риски разлива нефти при перегрузке её из МПК на нефтеналивные танкеры (см. рис. 2-6). Поэтому специализированное гидрометеорологическое обеспечение необходимо производить по каждому району, то есть непосредственно по району МЛСП им. Ю. Корчагина, отдельно по району МПК и отдельно по району МЛСП им. Филоновского. Нельзя соглашаться на составление специализированных гидрометеорологических прогнозов по всей площади Северной части Каспийского моря. Это может привести к фатальным катастрофическим последствиям;

4. В настоящее время гидрометеорологической и экологической безопасности любой деятельности в том числе и морской, всё больше зависит от точности и заблаговременности прогнозирования тех или иных метеорологических и гидрологических элементов, а на основе их различных других процессов происходящих в на суше, в морях и океанах и в атмосфере. Поэтому назрела необходимость в экипаж на буровой платформа специалиста гидрометеоролога от гидрометеослужбы России. Постоянная работа такого специалиста при выполнении тех или иных задач на буровой платформе повысит качество наблюдений за фактической погодой, увеличит точность прогнозов и их заблаговременность, а также решит многие задачи в плане экологической безопасности (расчёт скорости и направления перемещения нефтяных пятен при разливе и т. п.)

5. Установить аэрологическое оборудование и начать аэрологические наблюдения на одной или нескольких стационарных платформах.



Рис. 2 Морской перегрузочный комплекс им. Ю. Корчагина.



Рис. 3 Морской перегрузочный комплекс им. Ю. Корчагина.



Рис. 4 Морской перегрузочный комплекс им. Ю. Корчагина.



Рис. 5 Морской перегрузочный комплекс им. Ю. Корчагина.



Рис. 6 Морской перегрузочный комплекс им. Ю. Корчагина.



Рис. 7 Морская ледостойкая стационарная платформа им. Ю. Корчагина.



Рис. 8 Морская ледостойкая стационарная платформа им. Ю. Корчагина.



Рис. 9 Морская ледостойкая стационарная платформа им. Ю. Корчагина.

Секция 2.

Мониторинг, оценка и нормирование загрязнения морской среды

Session 2.

Monitoring, standard-setting and assessment of marine environmental pollution

SPATIAL VARIATION AND ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF HEAVY METALS IN THE SURFACE SEDIMENTS OF GORGANRUD RIVER, CASPIAN SEA

Hossein Bagheri^{1*}, Mohammad Hossein Mahmodi Gharaei², Kazem Darvish Bastami¹,
Vahid Kheirabadi³

¹Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran.
Bagheri1@gmail.com, Darvish_60@yahoo.com

²Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
mhmgharaie@um.ac.ir

³Environmental protection offices, Naharkhoran Bolivar, Golestan, Iran
khierabadi@yahoo.com

River bed sediments act as both carriers and source of contamination in an aquatic environment; not only play an important role in river water pollution but can also provide a record of river's pollution history. Many studies were carried out on concentration of heavy metals in sediment of rivers in other world areas.

In this study in 2 season, winter (March, 2010) and summer (September, 2010) we investigated heavy metal concentrations of Zinc, Copper, Chromium, lead and Arsenic as spatial distribution, enrichment factor index and degree of contamination index in 13 surface sediments that obtained of south east of Caspian Sea in Gorganrud River (Fig1). Sediment Quality Guidelines also were applied to assess adverse biological effects of these metals. Heavy metals were determined by inductively coupled plasma-mass spectroscopy (ICP-MS). The results indicated mean concentrations (ppm) of heavy metals were (mean \pm S.D.) Pb: 13.8 \pm 3.39-14.36 \pm 2, Cu: 14.1 \pm 7-17.96 \pm 6.50, Zn: 50 \pm 20.5-65.81 \pm 14.97, Cr: 48.72 \pm 16.54-52.77 \pm 10 and As: 8.83 \pm 3.47-8.47 \pm 2.07 in winter and summer respectively. Based on Enrichment index, in south east of Caspian Sea and Gorganrud River is a low-enriched to non-enriched river. Degree of contamination also showed low to moderate contamination in this area. Heavy metal contents were lower than the standard limits of PEL, ERL, and ERM that reveals no threatening influence of the metals in this area.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ОСВОЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ЮЖНЫХ МОРЕЙ РОССИИ

Войнова М.В.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия,
mariya-voynova@mail.ru*

The coastal zones of Russian southern seas have many protected areas or the areas with specific regimes of their use. Analysis shows that environmental requirements to oil and gas production widely varied depending on the object for which they were established.

В соответствии с Федеральным законом от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях», ими являются участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, изъятые решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны.

Анализ правового режима ООПТ федерального и регионального значения (в т.ч. заповедников, национальных и природных парков, заказников, памятников природы, дендрологических парков, ботанических садов, водно-болотных угодий, лиманно-плавневых комплексов и т.д.) показал, что полный и безусловный запрет на геологическое изучение, разведку и добычу углеводородного сырья распространяется только на:

- природные заповедники;
- национальные парки;
- памятники природы;
- дендрологические парки;
- ботанические сады.

На территории других ООПТ (например, природного парка, природного заказника и др.) нефтегазодобывающая деятельность может быть ограничена или запрещена в соответствии с положением об ООПТ.

Водно-болотные угодья (ВБУ), образованные в целях выполнения Постановления Правительства Российской Федерации от 13.09.1994 г. № 1050 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Стороны, вытекающих из Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц, от 2 февраля 1971 года», могут быть отнесены к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) регионального значения на основе законов соответствующих субъектов РФ.

ВБУ, не отнесенные к ООПТ, считаются зонами с особыми условиями использования территории, при этом в их состав могут входить ООПТ федерального, регионального и местного значения. В обоих случаях границы ВБУ и положение о них утверждаются органами исполнительной власти соответствующих субъектов РФ совместно с МПР РФ.

Таким образом, на территории водно-болотных угодий нефтегазодобывающая деятельность также может быть частично разрешена, ограничена или запрещена в соответствии с положением об ООПТ.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ (№ 190-ФЗ от 29.12.2004 г) к зонам с особыми условиями использования территорий относятся охранные, санитарно-защитные зоны, зоны охраны объектов культурного наследия, водоохранные зоны, зоны затопления, подтопления, зоны санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, зоны охраняемых объектов, иные зоны, устанавливаемые в соответствии с законодательством Российской Федерации. Объектами настоящих специальных требований являются зоны с особыми условиями использования территории, установленные в целях: а) охраны природных объектов и компонентов природной среды; б) обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Анализ правового режима зон с особыми условиями использования территории показал, что полный и безусловный запрет на геологическое изучение, разведку и добычу углеводородного сырья распространяется только на 1-й пояс ЗСО и на 1-ю и 2-ю зоны округов санитарной и горно-санитарной охраны. В иных зонах с особыми условиями использования территории нефтегазодобывающая деятельность допускается, как правило, при условии выполнения специальных экологических требований.

В соответствии с СанПиН 2.1.5.2582-10, вся акватория внутренних морей (к каковым относятся Черное, Азовское и Каспийское моря), за исключением самих районов водопользования, является зоной санитарной охраны внутренних морей.

Согласно «Санитарно-эпидемиологическим требованиям к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения», при осуществлении деятельности в зоне санитарной охраны районов водопользования (ЗСОРВ) запрещается:

- сброс всех видов неочищенных и необеззараженных сточных вод;
- захоронение химических веществ и загрязненных донных отложений и грунтов, полученных в результате дноуглубительных работ;
- сброс очищенных и обеззараженных сточных вод;

а) если они содержат вещества, на которые не установлены гигиенические нормативы и для которых нет методов аналитического контроля;

б) которые могут быть исключены из системы водоотведения путем рациональной технологии или использования в системах оборотного водоснабжения;

в) содержащих реагенты, полупродукты или конечные продукты производства, которые могут быть утилизированы на данном или других объектах;

г) образующихся при бурении скважин для добычи нефти и газа, эксплуатации платформ и судов, за исключением сточных вод, прошедших очистку и обеззараживание на судовых установках до нормативов допустимого сброса.

д) содержание вредных веществ в которых превышает установленные для данного вида стоков нормативы допустимого сброса.

Специальные экологические требования к осуществлению нефтегазодобывающей деятельности в прибрежной зоне морей широко варьируют в зависимости от объектов, для которых они установлены. Самые жесткие ограничения, включая «нулевой сброс», установлены для заповедной зоны в северной части Каспийского моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.1.5.2582-10. Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы".

2. Постановление Правительства РФ от 13.09.1994 г. №1050 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Стороны, вытекающих из Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц, от 2 февраля 1971 года».

3. Федеральный закон от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях»

4. Градостроительный кодекс РФ (№ 190-ФЗ от 29.12.2004 г).

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Дегтярева Л.В.

ФГБНУ «КаспНИРХ», г. Астрахань, Россия, dlgru@mail.ru

The article presents the results of a hydrochemical study of sediments in the Northern Caspian. According to the results of the determination the level of accumulation of organic matter in the sediments areas were identified areas that are more in danger of accumulation of in-place pollutants and secondary pollutions of bottom layer of water.

Одним из условий обеспечения экологической безопасности морской деятельности является определение районов моря, наиболее уязвимых при антропогенном влиянии. Такими районами, прежде всего, являются акватории с высоким содержанием органического вещества в донных отложениях (ДО), в наибольшей степени способных аккумулировать загрязняющие вещества и влиять на процессы вторичного загрязнения.

Материалом для исследований послужили пробы, собранные в летне-осенний период 1994-2014 гг. в западной части Северного Каспия. Органический углерод (наиболее репрезентативный показатель органического вещества) в ДО определялся методом Тюрина и по ГОСТ 26213-91.

Условия осадконакопления в разных районах Северного Каспия неодинаковы, что обусловлено разноудаленностью от речных устьев, а также различиями гидрологических, гидрохимических и биопродукционных параметров отдельных участков моря [5].

Основным типом ДО западной части Северного Каспия являются различной крупности пески с примесью раковинного материала. Илистые и алевроитовые осадки залегают в виде локальных пятен в предустьевом пространстве р. Волги, ракушечные отложения и оолиты – на востоке границы со Средним Каспием и в районе Кулалинской банки.

За период исследований уровень накопления органического углерода ($C_{орг}$) в ДО изменялся в диапазоне 0,01-2,82 %.

На выходных участках каналов, за счет резкого снижения скорости течения несущего потока происходит осаждение крупных зерен взвеси [4], обедненных органическими соединениями. Отложению тонкодисперсных взвешенных веществ (основных носителей органического вещества) препятствует высокая степень подвижности водных масс в этих районах. Соответственно, высокого уровня накопления органики в грунтах в этой зоне не наблюдается. В ДО, подстилающих выходные участки каналов (где глубины не превышают 3 м), несмотря на значительное поступление аллохтонного органического материала, отмечено невысокое содержание $C_{орг}$: 0,75-1,80 %.

Южнее выходных участков каналов, при увеличении глубин (до 4-5 м), в условиях ослабления гидродинамической активности, при стыке пресных и соленых вод и снижения скорости течения за счет подпора со стороны моря, осаждаются взвешенная и растворенная аллохтонная органика [3]. В этой области происходит активизация биологических процессов, в результате которых усиливается интенсивность продуцирования органического вещества [1]. Под влиянием этих факторов на глубинах 4-5 м уровень накопления $C_{орг}$ в ДО возрастает (1,03-2,00 %).

Поскольку западная волжская струя обладает большей мощностью, ее влияние на накопление органики в ДО прослеживается и южнее, до 8-метровой изобаты, области оседания тонкодисперсных взвесей, которые в большей степени сорбируют органику на своей поверхности. Здесь, в районе влияния западной волжской струи, отмечен как максимум содержания $C_{орг}$ за период исследования (2,82 %), так и преимущественно наибольшие значения внутри каждого года.

Южнее зоны влияния дельты отмечено более низкое содержание органики. На западе за 8-метровой изобатой, а также на востоке за 5-метровой глубиной содержание $C_{орг}$ не превышало 1,09 %. В этой области повышенный уровень накопления был отмечен преимущественно в тех районах, где ДО содержат высокий процент раковинного материала, а также в ареалах распространения оолитов, что обусловлено осаждением извлекаемого биофильтраторами тонкого взвешенного материала и высокой сорбционной активностью, свойственной карбонатам [2]. Южнее, за глубиной 10 м, отмечено низкое содержание $C_{орг}$ – не более 0,47 %. На границе со Средним Каспием уровень накопления $C_{орг}$ в грунтах колебался от 0,05 до 0,95 %.

Таким образом, наибольшим уровнем накопления органического вещества отличаются донные отложения, залегающие в зоне влияния западной волжской струи на глубине 5-8 м. Повышенная концентрация органики определяет высокую способность к накоплению загрязняющих веществ в ДО и высокую степень подверженности вторичному загрязнению водных масс, т.е. указывает на принадлежность данного района к зонам повышенного экологического риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агатова, А.И. Органическое вещество северной Атлантики / А.И. Агатова, Н.М. Лапина, Н.И. Торгунова // Океанология. 2008. Т. 48. № 2. С. 200-214.
2. Бордовский, О.К. Органическое вещество современных карбонатных осадков Каспийского моря / О.К. Бордовский, Н.И. Тах // Океанология. 1978. Т. XVII. Вып.6. С. 1028-1035.

3. Горшкова, Т.И. Исследование детрита в воде и грунте северной части Каспийского моря / Т.И. Горшкова // Вопросы литологии и стратификации СССР. М.: АН СССР, 1951. С. 568-582.
4. Лисицын, А.П. Маргинальный фильтр океанов / А.П. Лисицын // Океанология. 1994. Т. 34. № 5. С. 735-747.
5. Хрусталеv, Ю.П. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии / Ю.П. Хрусталеv. Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1978. 207 с.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДНОГО ОБЪЕКТА: НОВЫЙ ПОДХОД, РЕЗУЛЬТАТЫ

Дмитриев В.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
vasiliy-dmitriev@rambler.ru*

The techniques of construction of integral indicators of environmental well-being of a water body are discussed. The application of the indicators is illustrated by the results of the integrated assessment of ecological well-being of Suuri Lake.

Для анализа состояния сложных систем используются кроме аддитивных характеристик и неаддитивные, среди которых в последнее время чаще других упоминаются интегративность или целостность. В англоязычной литературе это синонимы и в сочетании с прилагательными «биологическая» или «экологическая» образуют «biological integrity» или «ecological integrity», а в русском языке часто переводятся как «биологическая целостность» или «экологическая целостность». Иногда так же называются группы характеристик, отражающих интегративные свойства сложных систем, то есть свойства, присущие системам в целом, а не каким-либо их компонентам («важным», «значимым», «ключевым», «слабым», и др.) [2;5;6]. В современных зарубежных исследованиях ключевыми понятиями являются биологическая оценка (Biological Assessment) и биологическая целостность (Biological Integrity). Биологическая оценка определяется как «состояние природного объекта, на основе биологических исследований и других прямых измерений для оценки состояния обитателей биоты»; биологическую целостность (Biological Integrity) западные исследователи обычно определяют, как «способность поддерживать сбалансированное, целостное и адаптивное состояние сообщества организмов, имеющих видовую структуру, разнообразие и функциональную организацию, сравнимую с естественными внутри определенного региона» [6]. В США используется термин «ecological integrity». Как основное понятие он фигурирует в американском экологическом законодательстве («Закон о Чистой воде») и используется Агентством по охране окружающей среды Environmental Protection Agency (EPA).

Биологическая целостность на западе часто рассматривается как способ определения здоровья экосистемы, а «здоровье экосистемы», в основном связывают с ее устойчивостью, и если устойчивость нарушена, то такая экосистема, по мнению исследователей, теряет свой исходный (здоровый) статус. Согласно Европейской Рамочной Водной Директивы (Water Framework Directive, WFD), эти исследования нацелены на выделение так называемых «экорегiónов» Европы [6].

Нами показано, что устойчивость является лишь одним из параметров оценки экологического благополучия и что устойчивая экосистема может являться сильно антропогенно-трансформированной системой и в этом случае не может быть признана благополучной (здоровой) [4].

Разработка различных методик оценки устойчивости в наши дни базируется в основном на индикаторном подходе и индексах состояния, устойчивости, а также моделях-классификациях, подавляющее большинство которых построено на балльном или балльно-

индексном подходе. Нормальная (понимаемая как «хорошая») экосистема — это экосистема с оптимальной и разнообразной продукцией (удовлетворяющей экономические и эстетические потребности человека), существующая неограниченно долго в изменяющейся среде [1;4]. Основу, разработанной модели-классификации ЭБ составляют признаки «хорошей» (для человека и организмов-гидробионтов) водной экосистемы и их изменение по пяти классам благополучия. При создании моделей нами использовано совмещение антропоцентрического и биоцентрического подходов. В формировании представлений об ЭБ используются аксиология и аксиометрия. Признаки экологически благополучной водной экосистемы, учитываемые в модели: 1 - оптимальная первичная продукция, создаваемая экосистемами; 2 - высокое качество воды; 3 - максимальное видовое разнообразие биоты (в нашем случае - по зообентосу); 4 - высокая устойчивость к изменению параметров естественного и антропогенного режимов; 5 - низкая скорость закисления; 6 - высокая скорость самоочищения. Интегральная оценка ЭБ выполнялась на основе метода сводных показателей (МСП) [7]. В соответствии с этим были реализованы этапы построения интегральных показателей, раскрываемые в докладе.

В соответствии с определением ЭБ предложены репрезентативные критерии оценивания: трофический статус водоема по величине интегрального показателя трофности (ИПТ); качество воды по величине интегрального показателя качества (ИПК); степень закисления водоема; видовое разнообразие; скорость самоочищения водоема; устойчивость водоема к загрязнению и эвтрофированию по величине интегрального показателя устойчивости (ИПУ) [2].

В основу количественного интегрального оценивания экологического благополучия на основе метода сводных показателей (МСП) положена модель-классификация экологического благополучия для 2-х уровней свертки показателей. На 1-м уровне реализовано построение ИПТ, ИПК, ИПУ при неравновесном значении исходных параметров. Выполнены три варианта расчета ИПЭБ. Варианты различаются учетом параметров устойчивости в модели. В первом случае (ЭБ-У1) рассматривается устойчивость к изменению параметров естественного режима и антропогенному эвтрофированию. Во втором варианте (ЭБ-У2п) рассматривается устойчивость к изменению параметров естественного режима и к изменению качества воды на поверхности водоема. В третьем варианте (ЭБ-У2д) рассматривается устойчивость к изменению параметров естественного режима и к изменению качества воды для придонного слоя. Все варианты ориентированы на пять классов оценки устойчивости. На 2-м уровне свертки рассчитывались ИПЭБ на основе интегральных показателей первого уровня при равенстве приоритетов (весовых коэффициентов) и их неравенстве.

Проведена апробация разработанных моделей-классификаций для оценки экологического благополучия озера Большое Волковское (Суури) [3]. Были реализованы три варианта построения интегрального показателя. По результатам расчетов интегрального показателя экологического благополучия по варианту модели ЭБ-У1 (устойчивость к изменению естественного режима и антропогенному эвтрофированию) значения ИПЭБ в период с 2010 по 2013 гг. попадают ближе к правой границе II-го класса ЭБ (ЭБ «выше среднего»). По варианту модели ЭБ-У2п (устойчивость к изменению естественного режима и к изменению качества воды для поверхности) в 2010 и 2011 гг. значения интегрального показателя ЭБ попадают ближе к правой границе II класса ЭБ (ЭБ «выше среднего»). В 2012 и 2013 гг. значения интегрального показателя попадают в левую границу III класса. По последнему варианту модели ЭБ-У2д значения интегрального показателя ЭБ в период с 2010 по 2013 гг. попадают в правую границу II класса ЭБ (ЭБ «выше среднего»). Только значение ИПЭБ за 2012 год находится на границе с III-м классом.

Исследования частично поддержаны грантами РФФИ 13-05-00648-а, 14-05-00787-а.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем.- Екатеринбург, 1994, - 280 с.
2. Дмитриев В.В. Развитие методологии интегральной оценки экологического благополучия водного объекта / «Речной сток: пространственно-временная изменчивость и опасные гидрологические явления». Сборник трудов Третьей конференции Научно-образовательного центра. 13 ноября 2014 г. Москва, Россия. Отв. редактор д.г.н. Алексеевский Н.И., с.112-131.
3. Дмитриев В.В. Современное экологическое состояние водных объектов карельского Приладожья и его сравнение с ретроспективными данными. Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета» №33. Научно-теоретический журнал. - СПб,: РГМУ, 2014, с.102-118
4. Дмитриев В.В. Эколого-географическая оценка состояния внутренних водоемов. Автореф. докт. дисс.- СПб, 2000, - 38 с.
5. Дмитриев В.В., Дмитриев Н.В., Воскресенская В.А., Фролова А.Д., Кожеко Ю.Р. Развитие методологии интегральной оценки экологической целостности геосистем. International Journal Of Applied And Fundamental Research №8, 2014, с. 78-85
6. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. Экологическое качество поверхностных вод. - Минск, изд. «Беларуская навука», 2010, - 329 с
7. Хованов Н.В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. - СПб, изд. СПбГУ, - 195 с.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ АКВАТОРИИ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2012-2014 ГГ.

Есина О.И.¹ Коршенко А.Н.², Ильзова Ф.Ш.³, Самсонов Д.П.⁴

¹ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»,
kaspmniz@mail.ru

²ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова»

³ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды»

⁴ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун»

В докладе представлены основные результаты исследований загрязнения морских вод и донных отложений северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 гг. по расширенному кругу показателей и увеличенному числу станций в сравнении со стандартной программой.

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 гг. проводились в соответствии с «Программой мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.», утвержденной УМЗА Росгидромета. В 2012-2014 гг. экспедиционные работы в рамках мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря выполнялись в 10 районах и на 7 разрезах (в т.ч. 3 «вековых»), на 106 морских пунктах (океанографических станциях).

Для характеристики временной изменчивости наряду с укрупненными районами использовался еще один объект – периметр российского сектора недропользования Каспийского моря. В него последовательно, включались прибрежные станции, расположенные на взморье Волги, в Кизлярском заливе, на Терско-Сулакском взморье, в районах Махачкала, Каспийск, Избербаш, Дербент, Самур, а также станции разрезов «Южный», «Центральный», «Меридиональный» и «Восточный».

В 2013 году концентрация нефтепродуктов (НП) в воде снижалась от лета к поздней осени, летом она в среднем составила 0,10 мг/л, а поздней осенью 0,05 мг/л. Ранней осенью концентрация НП в пределах всей рассматриваемой акватории колебалась от 0 до 0,16 мг/л, а средняя концентрация в укрупненных районах – от 0,04 до 0,09 мг/л. Средняя концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года не изменилась. Средняя концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части Каспийского моря в 2014 году снизилась по сравнению с двумя предыдущими годами, при этом изменился характер их пространственного распределения. Снижение, очевидно, было обусловлено уменьшением поступления нефтепродуктов с волжским стоком в условиях маловодья – в отличие от 2012-2013 гг. зона с повышенной концентрацией не вышла за пределы мелководной части взморья Волги. В донных отложениях также зафиксировано снижение концентрации нефтепродуктов в 2014 г. по сравнению с 2012-2013 гг.

Результаты исследований показали, что ранней осенью 2012 г. концентрация СПАВ в воде была близка к фоновой, но затем возросла, но только в северной части моря. В 2014 году зарегистрировано повышение средней концентрации СПАВ в водах северо-западной части Каспийского моря, но, это повышение коснулось только Среднего Каспия, тогда как в водах Северного Каспия концентрация СПАВ, наоборот, снизилась. Концентрация СПАВ в донных отложениях в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом снизилась, но характер пространственного распределения при этом не претерпел существенных изменений.

В 2013 году по характеру пространственного распределения в воде все тяжелые металлы четко разделились на две группы. В первую, характеризующуюся повышенной концентрацией металла в прибрежных водах Северного Каспия и ее снижением в открытой части моря, вошли Fe, Cu, Cd и Hg, а во вторую, характеризующуюся пониженной концентрацией металла в прибрежных водах Северного Каспия и ее повышением в открытой части моря, вошли Mn, Zn, Ni и Pb. В 2014 году по сравнению с двумя предыдущими годами в водах северо-западной части моря снизилась концентрация железа, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация кадмия и ртути, а концентрация марганца и свинца сохранилась на предыдущем уровне. В 2012-2013 гг. повышенная концентрация тяжелых металлов в донных отложениях наблюдалась в устьевом взморье Волги и Дербентской котловине. В 2014 г. в донных отложениях северо-западной части моря снизилась концентрация марганца, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация свинца, кадмия и ртути, а концентрация железа не изменилась с двумя предыдущими годами. Распределение тяжелых металлов в воде и донных отложениях северо-западной части моря в 2014 году имело «пятнистый» характер. В 2014 году в нем почти не прослеживался, как это было ранее, основной путь миграции тяжелых металлов, направленный от дельты Волги в глубоководную котловину Среднего Каспия.

Концентрация ПАУ и ПХБ в донных отложениях в 2014 г. была выше, чем 2013 г, но ниже, чем в 2012 г. Уровень содержания фталатов в донных отложениях в 2014 г. снизился относительно двух предыдущих лет. В 2014 г. зарегистрировано повышение концентрации хлорорганических пестицидов в донных отложениях (ДДТ, ГХЦГ, гексахлорбензола), при этом оно носило локальный характер и коснулось только Терско-Сулакского взморья, где осенью 2014 г. была зарегистрирована наибольшая концентрация илистых частиц в донных отложениях. Соотношение ДДТ и его метаболитов (ДДД и ДДЕ) указывает на относительно «свежее» загрязнение донных отложений данными хлорорганическими пестицидами.

Результаты исследований, выполненных в 2012-2014 гг., говорят о том, что загрязняющие вещества, попавшие в Каспийское море с речным стоком и с трансграничными водами, вовлекаются здесь в различные физико-химические и биогеохимические процессы. Если судить по размаху сезонных и межгодовых колебаний концентрации загрязняющих веществ в различных компонентах среды, масса ЗВ, вовлеченная в эти процессы, во много раз больше массы ЗВ, ежегодно поступающих в море.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЯХ РЕК

Землянов И.В., Горелиц О.В.

*Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова (ГОИН),
Москва, Россия, ivz@geocentre.ru*

Problems of present stage investigations of river mouths – deltas and estuaries – for ensuring ecological safety of marine and economic activity are considered. The major challenges faced currently by the scientific community at researches of river mouths are shown. The main directions of researches of river mouths which are priority nowadays are formulated.

Устьевые области рек играют важнейшую роль в мировой экономике, являясь ключевыми промышленными и транспортными узлами, крупнейшие города и морские порты мира располагаются в устьях рек. Устьевые области рек играют существенную роль в глобальных гидрологических процессах. В устьях рек сопрягаются материковое и океаническое звенья глобального гидрологического цикла. Находясь в зоне совместного влияния речного стока и морских вод, устьевые области служат индикаторами изменчивости гидрологического режима и антропогенной нагрузки в пределах водосборных бассейнов с одной стороны и показателями состояния прибрежных морских вод с другой стороны. Сегодня устьевые области и устьевые взморья крупных рек (в особенности северных) — точки концентрации интенсивной хозяйственной деятельности, в том числе разведки и добычи углеводородного сырья.

На современном этапе, в условиях развития морской деятельности и хозяйственного использования устьевых областей рек важнейшей проблемой является значительное увеличение антропогенной нагрузки на водные ресурсы и экосистемы устьевых областей рек в условиях растущего экономического освоения приморских территорий и прибрежных акваторий.

Эта проблема приобрела особое значение на фоне современных климатических изменений. Ближайшие и отдаленные последствия изменений климата для различных регионов и географических объектов и, в частности, для устьевых областей рек – это проблема, требующая решения. На современном этапе исследований перед учеными стоит задача перехода от глобальных оценок климатических изменений и их влияния на гидрологический цикл к региональным оценкам.

С концентрацией в пределах устьевых областей рек населения, промышленных и социальных объектов возрастает риск негативного воздействия вод. Обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития в пределах устьевых областей - третья важнейшая проблема, третий вызов, который стоит перед научным сообществом. В настоящее время решение этой проблемы тесно связано с определением всех факторов, влияющих на безопасность жизнедеятельности, и оценкой рисков возникновения неблагоприятных гидрологических явлений и катастрофических событий. Эти вопросы представляют как фундаментальный, так и прикладной практический интерес.

Важной проблемой является несовершенство существующей нормативно-правовой базы в области водного законодательства, в соответствии с которым устьевые области рек не являются объектами водных отношений, регулирующих в настоящее время вопросы использования и охраны водных объектов.

Для комплексного управления устьевыми областями рек в современных условиях возрастающей антропогенной нагрузки и изменяющегося климата необходимо включение этих водных объектов в действующую в Российской Федерации систему водных отношений.

Совершенствование законодательной базы и юридического определения статуса устьевых областей рек, являющихся переходными между рекой и морем водными объектами, даст возможность решать проблемы различного административного уровня, возникающие в связи с использованием их природных ресурсов и охраной природной среды.

Исследования устьевых областей рек, проведенные во второй половине XX века, заложили фундаментальную основу для современных исследований, в развитии и углублении которых по основным направлениям, сформировавшимся к настоящему времени, лежит ключ к решению актуальных задач, которые стоят сегодня перед учеными и специалистами.

Дальнейшее развитие гидрологических исследований в целом, в том числе исследований устьевых областей рек, невозможно без регулярных наблюдений за состоянием исследуемых водных объектов. В XX веке в стране была создана уникальная специализированная сеть устьевых станций, наблюдения на которых велись с учетом специфики устьевых процессов, были разработаны методы гидрологических наблюдений в устьях рек. Данные, поступающие с устьевой наблюдательной сети, вместе с материалами специализированных полевых экспедиционных работ в устьевых областях рек служат надежной информационной базой для исследований современного состояния и динамики природных процессов в устьях рек.

На фоне возрастающей хозяйственной активности в морях и устьевых областях рек Российской Федерации важной задачей на ближайшие годы следует считать сохранение и развитие специализированной наблюдательной сети в устьевых областях рек и прилегающих частях речных бассейнов.

Анализ современных проблем устьевых областей рек позволяет сформулировать основные направления исследований, развитие которых в наибольшей степени приближает нас к решению актуальных задач и является приоритетным на ближайшую перспективу:

1. Развитие морфогенетической классификации устьевых областей рек как фундаментальной основы прогноза динамики устьевых областей различных типов в условиях изменений климата и активного антропогенного воздействия.

2. Исследования гидрологического режима и гидролого-морфологических процессов в устьевых областях рек как переходных между рекой и морем водных объектов, являющихся зонами концентрации интегрального влияния суши (речных бассейнов) на морскую среду.

3. Разработка специализированных наблюдательных программ в устьевых областях рек для включения в государственную систему мониторинга водных объектов.

4. Исследование влияния возрастающего хозяйственного использования (антропогенной нагрузки) на устьевые области рек (включая регулирование стока рек каскадами ГЭС, безвозвратное изъятие стока, развитие добычи и транспортировки углеводородного сырья, проектирование и строительство приливных электростанций и др.);

5. Решение проблемы развития водохозяйственного районирования прибрежных территорий РФ с учетом устьевых областей рек.

6. Совершенствование законодательной базы для эффективного и оперативного решения вопросов, связанных с использованием природных ресурсов и охраной устьевых областей рек.

КАСПИЙСКАЯ ТРУБОПРОВОДНАЯ ДИПЛОМАТИЯ

Зонн И.С.

*Инженерный научно-производственный центр по водному хозяйству,
мелиорации и экологии «Союзводпроект», г.Москва, Россия,
igorzonn@yandex.ru*

The breakdown of the USSR was followed by appearance of new independent states on the Caspian for which the development of new hydrocarbon deposits and their export to foreign markets opened new

horizons of development. This report investigates the results of pipeline rivalry in the Caspian Sea that started after the USSR disintegration.

Распад СССР и образование, точнее, суверенизация новых независимых государств (ННГ) кардинально изменили геополитическую ситуацию на постсоветском пространстве, в том числе и в Каспийском регионе. К России и Ирану, на протяжении десятилетий определявших ситуацию на Каспии, прибавились Азербайджан, Туркменистан и Казахстан.

Исчезновение с политической карты мира Советского Союза положило начало одному из новых векторов российской международной политики – Каспийскому региону – и вызвало к жизни новые направления в геополитике. Возникла так называемая нефтегазовая трубопроводная геополитика, которая, начавшись на Каспии, затем захватила Европу, а в последнее время еще и Арктику.

Нефть всегда означала деньги, причем очень большие деньги. Однако в случае с постсоветскими странами, расположенными на Каспии, сама нефть стала большой политикой. Нефтяной фактор на Каспии после развала СССР и образования новых независимых государств обусловил сложность и многогранность всех каспийских проблем. Особенно важными среди них стали энергетический и транспортно-коммуникационный факторы.

История современных трубопроводных проектов – это борьба вновь образованных прикаспийских государств (Азербайджана, Казахстана и Туркменистана) за ослабление транспортно-коммуникационного доминирования России. Преодоление подобной зависимости и диверсификация трубопроводных маршрутов стали ключевой задачей прикаспийских государств, которые рассматривали нефть и газ через призму утверждения независимости и укрепления отношений с западными странами. Отсюда и смещение акцентов во внешней политике в сторону углеводородных ресурсов, которые на многие годы вперед определили характер отношений с Россией и западными странами. По этой причине Азербайджан, Казахстан и Туркменистан стали прорабатывать различные варианты новых трубопроводных маршрутов, которые позволили бы им напрямую доставлять свои углеводородные ресурсы на внешний рынок.

Геополитическое значение Каспийского региона с его значительными запасами нефти и природного газа привлекло к нему повышенное внимание зарубежных государств, которые приняли самое активное участие в «раскручивании» новых трубопроводных проектов.

Западные страны через дипломатические, экономические и военные механизмы пытались установить контроль над прикаспийскими странами, в первую очередь над их энергетическими богатствами. Подтвердилась истина, высказанная еще в 1930 году: «каждая большая нация должна искать нефтяные месторождения за пределами своей собственной территории».

Многие проекты трубопроводов появились в 1990-х – начале 2000-х годов. Однако их обсуждение, разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) и, тем более реализация получили практическое воплощение лишь в последние годы.

Как показывает двадцатилетний период современного развития Каспийского региона, путь от соглашений до практической реализации занимает значительное количество времени. Реализация даже незначительной части из обсуждаемых трубопроводных проектов кардинально изменила расстановку сил в Каспийском регионе.

Наряду с российским направлением экспорта углеводородных ресурсов, которое доминировало во времена СССР, все активнее развиваются восточное и западное направления поставок нефти и газа, которые выходят на внешний рынок, минуя территорию России. «Дружба» прикаспийских стран с Россией уступила место энергетическому сотрудничеству с Западом и Китаем.

Ключевым вопросом, который оказывает влияние на продвижение проектов трубопроводов, остается проблема наличия свободных объемов углеводородного сырья. Пока большинство из планируемых трубопроводов не подкреплены реальными объемами добываемых в прикаспийских странах газа и нефти, которые необходимы для их наполнения. Несмотря на это, западные страны навязывают прикаспийским государствам

трубопроводные проекты, в которых доминирует политическая составляющая, а экономическая целесообразность вызывает много вопросов.

Отсутствие в странах Каспийского региона достаточного количества углеводородных ресурсов спровоцировало борьбу за имеющиеся источники углеводородного сырья и привело к росту соперничества вокруг новых трубопроводных проектов. Ярким примером служат проекты газопроводов «Южный поток», «Набукко» и «Турецкий поток», вокруг которых развернулось информационно-политическое соперничество.

Увеличение количества стран, вовлеченных в переговоры о проектах строительства новых трубопроводов, идущих из Каспийского региона, свидетельствует о том, что географическая удаленность перестает быть сдерживающим фактором.

Ажиотаж, который создан вокруг новых проектов газопроводов, привел к соперничеству не только каспийских стран, но и причерноморских государств. Они стали конкурировать между собой за возможность участия в создании и последующей эксплуатации новых маршрутов экспорта углеводородных ресурсов. Уверенность в необходимости реализации новых трубопроводных проектов основывается на перспективных оценках запасов нефти и газа в Каспийском регионе, а также на ничем не подтвержденной информации, что потребление углеводородных ресурсов в европейских странах в ближайшие годы будет возрастать.

Многие из предлагаемых трубопроводов за более чем двадцатилетний период независимости прикаспийских стран «состарились», то есть не получили своего дальнейшего развития, но не канули в Лету, а периодически «всплывают» при изменении внутренней и внешней политики стран Каспийского региона, а также при создании новой ситуации в странах-транзитерах. Известный эксперт в области энергетики Д. Ергин в своей всемирно известной книге по истории нефтедобычи *The Prize*, в российском издании переведенной как «Добыча», в начале 1990-х годов писал: «Западным фирмам, то есть промышленно развитым странам, мешает дезорганизация, политические конфликты, отсутствие гибкости, беспорядок, неопределенность и риск, присущие всей советской системе». Прошло уже двадцать лет, как с политической карты мира исчезла советская система, а проблемы, о которых говорил эксперт, не потеряли своей актуальности и сегодня.

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МОРЕЙ, ОМЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЮ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Каткова М.Н., Гниломедов В.Д.

ФГБУ НПО «Тайфун», г.Обнинск, Россия, katkova@rpatyphoon.ru

In the report results of the long-term radiation monitoring spent by Federal Hydrometeorology and Environmental Monitoring Service in the seas, washing territory of Russia are presented. It is shown, that now radiation conditions in the seas are stable.

Росгидромет Российской Федерации проводит радиационный мониторинг Азовского, Белого, Баренцева, Каспийского, Охотского и Японского морей и Тихого океана у берегов Камчатки. По состоянию на начало 2015 г. количество пунктов радиационного мониторинга составило 10 пунктов по отбору проб морской воды для определения содержания ^{90}Sr и 10 – по отбору проб морского грунта на содержание гамма-излучающих радионуклидов. Четыре пункта расположены в Белом море, в остальных морях по одному пункту. Отбор проб и их первичная обработка осуществляются морскими гидрометеорологическими обсерваториями. Радиохимический анализ выполняется в ИПМ ФГБУ «НПО «Тайфун» и в Приморском УГМС.

Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в 2014 г. в поверхностных водах Белого, Баренцева, Каспийского, Охотского и Японского морей и в Тихом океане колебались от 1,2 мБк/л в Тихом океане до 8,9 мБк/л в Каспийском море (рис.1). Объемная активность ^{90}Sr в поверхностных водах внутренних морей выше, чем в водах открытых - максимальное содержание ^{90}Sr в 2014 г. было зафиксировано в Азовском море – 18,2 мБк/л.

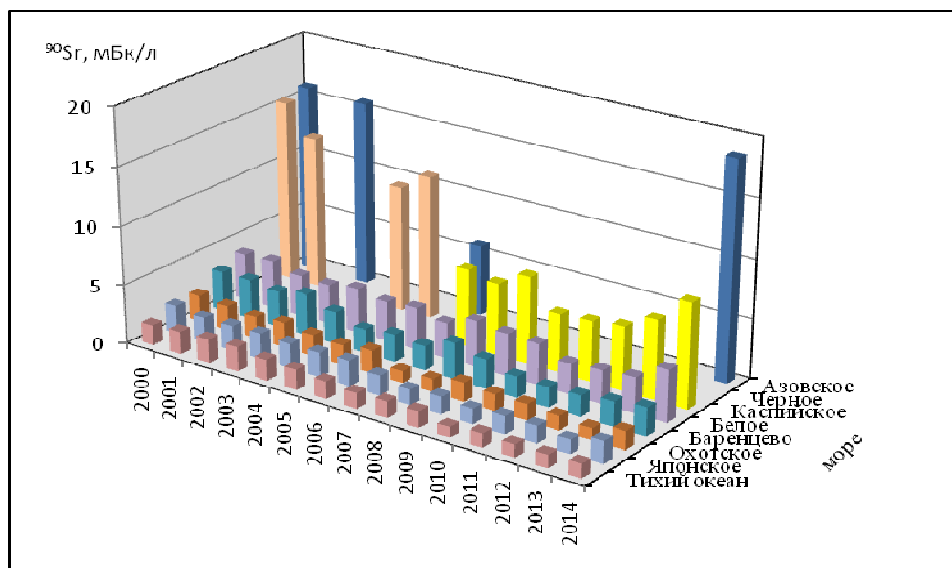


Рис. 1. Содержание ^{90}Sr в водах морей РФ в 2000-2014 годах

В Каспийском море наблюдения за содержанием ^{90}Sr проводятся с середины 60-х годов прошлого века. В период с 1995 по 2006 год по экономическим причинам радиационный мониторинг не проводился, с 2007 года наблюдения в Каспийском море возобновились (рис. 2). Высокие значения объемной активности наблюдались с 1966 г. до конца 80-х годов. В дальнейшем наблюдалось постепенное снижение концентрации ^{90}Sr , которое в 2007-2014 годах колебалось в пределах 5-9 мБк/л.

Динамика объемной активности ^{90}Sr в 1966-1992 годах в Каспийском море позволяет утверждать, что источником были испытания ядерного оружия в атмосфере, которые завершились в 1980 г. Растянувшееся на годы снижение концентрации показывает, что поступление ^{90}Sr происходило не столько в результате непосредственного выпадения на водную поверхность, сколько в результате выноса реками с загрязненных водосборов.

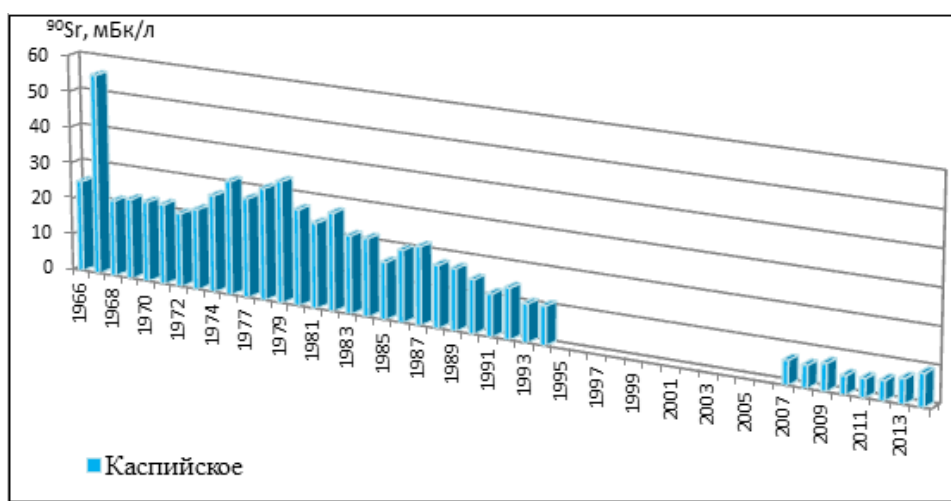


Рис. 2. Содержание ^{90}Sr в водах Каспийского моря в 1966-2014 годах

В пользу этого говорит и характер распределения концентрации ^{90}Sr в разных частях Каспийского моря (рис. 3). В северной части моря наблюдаются более высокие содержания – 30-49 мБк/л – в период с середины 70-х до середины 80-х годов. В центральной и южной частях содержание ^{90}Sr лежало в пределах 15-17 мБк/л. Такое распределение очевидно связано с поступлением с водами рек Волги и Урала, дренирующим большую часть европейской территории России.

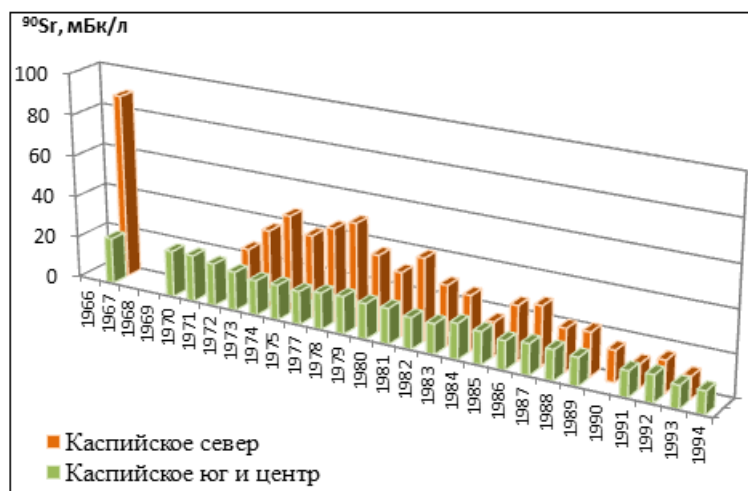


Рис. 3. Содержание ^{90}Sr в северной и центральной и южной частях Каспийского моря в 1966-1994 годах

За последние десятилетия радиационная обстановка в морях, омывающих Российскую Федерацию остается стабильной. Влияние крупных техногенных аварий на ЧАЭС и на АЭС «Фукусима-1» мало сказалось на содержании ^{90}Sr в водах морей.

В настоящее время радиационный мониторинг морей является недостаточным и не охватывает все моря, омывающие территорию РФ. Из-за распада СССР в 90-х годах прошлого столетия радиометрическая сеть наблюдений в морях сократилась более чем в 3 раза. Для объективной оценки радиационной обстановки необходимо восстанавливать и развивать наблюдения за водами морей.

THE USE OF NEMATODES IN ASSESSING ECOLOGICAL QUALITY STATUS IN THE SOUTHERN PART OF CASPIAN SEA

Kazem Darvish Bastami , Mehrshad Taheri , Maryam Yazdani Foshtomi , Hossein Bagheri , Ali hamzehpoor

*Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS),
Tehran, Islamic Republic of Iran
darvish_60@yahoo.com; darvish.bastami@inio.ac.ir*

The use of nematodes as biological indicators of environmental quality was evaluated in sediments of the Caspian Sea. Heavy metal, total organic matter (TOM), The Shannon-Diversity Index (H), the Maturity Index (MI) and the Index of Trophic Diversity (ITD) were applied at Caspian Sea and used to identify the five classes of ecological quality status assessed according to the Water Framework Directive. Based on TOM concentration, all site displayed a high/good EQS. According to heavy metal concentration, the majority of the sites revealed a moderate EQS, with the exception of B and F, which had a poor/bad EQS. Summarizing these results on the basis of these variables, sites A, C and D were the ones characterised by greater environmental quality, whilst sites B and F were characterised by lower environmental quality. Based on MI index, site F

showed a high EQS while sites A, B, C, D and E showed a poor EQS. The results of the application of ITD index showed that sites A, B, C and D revealed a poor/bad EQS while site F displayed moderate EQS. Shannon-Diversity Index assigned a poor EQS to B, C, D, E and F, and a moderate EQS to site F. According to ITD, H and MI showed sites B, C, D, E displayed lower environmental quality. Generally chemical and biological indices showed different results while biological indices displayed similar results in more sites.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОСТУПЛЕНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (НЕОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА И КРЕМНИЯ) С АТМОСФЕРНЫМИ ОСАДКАМИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ

Козловская О.Н.¹, Вареник А.В.²

¹ *ФГБУН «Морской гидрофизический институт», г. Севастополь, Россия, o.n.kozlovskaja@gmail.com*

² *Севастопольское Отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», г. Севастополь, Россия, alla_chaykina@mail.ru*

In order to reconstruct a multiple nonlinear regression equation for the silicon concentration as a function of meteorological parameters, we have followed the approach discussed by Vautz et al. [4] and suggested by Brandon (1959) [3]. Four meteorological variables (precipitation rate, wind speed, wind direction, and relative humidity) have been identified of having relevant and statistically significant influence on the concentration of silicon in samples of rainwater.

Для определения содержания различных химических элементов в атмосферных осадках существуют два подхода: практическое наблюдение за химическим составом (отбор и обработка проб) и применение методов численного моделирования (для получения прогнозируемых значений). Поскольку полевые наблюдения являются пространственно дискретными, зачастую дорогостоящими и отнимающими много времени, расчетные методы оценки, к которым относятся различные модели атмосферного переноса, становятся существенным инструментом для представления естественных экологических изменений [1].

Предложенный в данной работе подход, основанный на имеющихся публикациях для других районов Мирового океана, позволяет получить оценки, которые могут быть использованы в качестве базовых для градуировки моделей атмосферного переноса, и усовершенствовать систему мониторинга поступления биогенных элементов с атмосферными осадками, исключив непосредственный химический анализ проб.

Пробы атмосферных осадков отбирались в пос. Кацивели (Экспериментальное отделение Морского гидрофизического института). Фиксировались и метеорологические условия, при которых выпадали атмосферные осадки. Лабораторный анализ атмосферных осадков осуществлялся в Морском гидрофизическом институте, г.Севастополь.

Одним из этапов статистической обработки данных было построение уравнения множественной нелинейной регрессии зависимости концентрации элемента в осадках от метеопараметров по методу Брандона. Метод основан на пошаговом определении вида парной регрессии между исследуемым параметром и влияющими на него признаками. Для оценки качества полученного уравнения множественной нелинейной регрессии использовалось корреляционное отношение, определяющее степень близости статистической зависимости к функциональной [2].

Согласно [2] использование метода Брандона возможно только в случае соответствия распределения концентрации нормальному закону. В нашей работе было получено, что распределение измеренной концентрации кремния в атмосферных осадках имеет логнормальный вид. Учитывая это, при составлении уравнения множественной нелинейной регрессии использовались десятичные логарифмы концентрации. В результате полученное

уравнение, описывающее изменение концентрации кремния в атмосферных осадках от метеоусловий, имеет вид:

$$\lg C = (-0.259 \cdot \ln Ri + 0.4641) \cdot (-0.0006 \cdot Vx^3 - 0.0202 \cdot Vx^2 + 0.2169 \cdot Vx + 0.9871) \cdot (-0.0028 \cdot Vy^3 + 0.0137 \cdot Vy^2 + 0.1185 \cdot Vy + 0.8468) \cdot (0.0042 \cdot f + 2.2386)$$

где Ri – количество осадков, мм;

V_x и V_y – компоненты вектора направления ветра;

f – относительная влажность воздуха, %.

Корреляционное отношение для полученного уравнения составило $-0,56$, а при линейном сглаживании по пяти точкам $-0,80$ (рис. 1).

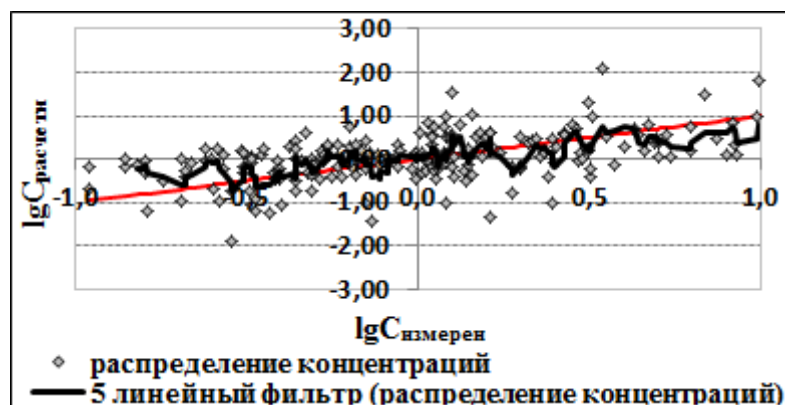


Рис. 1. Соотношение концентраций кремния, полученных при анализе проб атмосферных осадков, и концентраций, рассчитанных по уравнению множественной нелинейной регрессии для пос. Кацивели.

Для более высоких концентраций кремния в осадках наблюдается занижение их значений при расчете по уравнению множественной нелинейной регрессии. Максимальная разница между измеренными и расчетными значениями концентрации кремния наблюдается в период с июня по август. По-видимому, такой результат может быть связан с увеличением запыленности атмосферы в теплый период года. Это совпадает с годовым ходом концентрации кремния – именно в летние месяцы наблюдаются максимальные концентрации в осадках.

В целом использование метода Брандона для оценки поступления кремния с атмосферными осадками в районе Крымского побережья позволяет усовершенствовать систему экологического мониторинга вод Черного моря. Полученные данные могут использоваться для верификации численных оценок в моделях атмосферного переноса.

Этот подход будет также применен в дальнейшем для построения множественной нелинейной регрессии зависимости концентрации неорганического азота и фосфора от метеоусловий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и г.Севастополь в рамках научного проекта № 14-45-01008 "инициативные научные проекты – р_юг_а".

ЛИТЕРАТУРА

1. Голобокова Л.П. и др. Мезоклиматические условия формирования химического состава атмосферных выпадений над юго-западным побережьем оз. Байкал. // *Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и природных ресурсов: науч. конф.*, 2005.- С. 404-406.

2. Холоднов В.А., Дьяконов В.П., Иванова Е.Н., Кирьянова Л.С. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: Практическое руководство. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. 480 с.

3. Brandon, D.B. Developing Mathematical Models for Computer Control. // Instrument Society of America Journal. - 1959.- No7.- P.- 176-203.

4. Vautz W., Busch A.U. (et al.). A statistical approach to estimate spatial distributions of wet deposition in Germany // Water, Air, and Soil Pollution. — 2003. — №145. — pp. 215–238.

СОСТОЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ В СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Колмыков Е.В.,¹ Островская Е.В.,² Курапов А.А.,³ Студников С.Н.⁴

¹ ООО «Лукойл-Нижневожжскнефть», Астрахань, Россия

² ФГБУ «КаспМНИЦ», Астрахань, Россия

³ ООО «ИПРОКАМ», Астрахань, Россия

⁴ Каспийский филиал ИОРАН, Астрахань, Россия

The paper presents results of biological monitoring carried out at the LUKOIL license site in the Northern Caspian in 2014 and gives an assessment of the state of biological communities there. The analysis shows that the phytoplankton and benthic communities are in a good state while zooplankton is still being affected by Mnemiopsis invasion. The impact from the oil field exploitation was not detected.

Добыча нефти на месторождении им. Ю. Корчагина сопровождается экологическим мониторингом. В апреле, июне, августе, октябре 2014 г. исследования проводились на 88 морских станциях. Сбор полевого материала и обработка проб фитопланктона, зоопланктона и зообентоса проводилась в соответствии с действующими руководящими документами.

В течение вегетационного периода изменения состояния фитопланктона носили скачкообразный характер и отличались неравномерным пространственно-временным распределением. Максимальное количество видов водорослей отмечалось в апреле, минимальное – июне (табл.1).

Таблица 1 Показатели состояния и динамики фитопланктона на месторождении им.Ю.Корчагина в 2014 г. (ч – численность, тыс.экз/м³, б – биомасса, мг/м³)

Таксон	апрель		июнь		Август		октябрь	
	ч	б	ч	б	ч	Б	ч	б
Сyanobacteria	8340	25,9	36490	42,5	26404	25,5	53780	54,5
Diatomeae	12417	118,3	12390	35,7	2510	51,6	12520	42,6
Pyrophyta	2259	43,2	1400	24,9	330	4,9	8426	159,4
Euglenoidea	-	-	120	0,7	-	-	-	-
Chlorophyta	2040	3,8	33920	7,2	16727	11,2	12870	3,8
Всего	25056	191,2	84320	111,0	45971	93,2	87596	260,3

Доминировали по числу видов диатомовые водоросли. Биомасса водорослей уменьшалась от апреля к августу, достигая максимума в октябре. Формировали количественные показатели в апреле, августе диатомеи, в июне – сине-зеленые, октябре – пиррофитовые водоросли. В апреле в качественном составе фитопланктона был идентифицирован наибольшее количество (61) таксонов водорослей, летом – наименьшее (31). Уменьшение в июне коснулось всех групп водорослей, но наиболее существенным (в

3,4 раза) оно было среди диатомей. Несмотря на это, основу флористического разнообразия, как и в апреле, все же составляли диатомовые водоросли (около 50% общего состава водорослей). Средняя биомасса за счет преобладания мелкоклеточных организмов уменьшилась, а численность, наоборот, возросла. Сокращение массы водорослей произошло главным образом за счет диатомовых (в 3,3 раза) и отчасти пиррофитовых (в 1,7 раза) водорослей (табл. 1). В августе качественный состав фитопланктона практически не изменился. Основу таксономического разнообразия также составляли диатомовые водоросли. Количественные показатели по сравнению с июнем уменьшились: биомасса в 1,2 раза, численность – в 1,8 раза, составив, соответственно 93,2 мг/м³ и 45 млн.экз./м³. По биомассе доминировали диатомовые водоросли, масса которых по сравнению с июнем увеличилась, а численность сократилась. Количество пиррофитовых водорослей сократилось, а эвгленовые не встречались. Биомасса водорослей колебалась от 50 до 150 мг/м³.

В октябре качественный состав фитопланктона увеличился до 53 таксонов, но не достиг уровня апрельских показателей. В структурном составе доминировали сине-зеленые и диатомовые водоросли (58% общего состава). Достаточно высокое видовое разнообразие было установлено для пиррофитовых (21%) водорослей. На долю зеленых приходилось 17%, эвгленовых – 4% (табл. 1). Количественные показатели фитопланктона достигли максимальных величин за весь вегетационный период и составили 260,3 мг/м³ и 87 млн.экз./м³. Главенствующее положение в формировании, как биомассы, так и численности занимали пиррофитовые водоросли, количество которых было наибольшим за период исследования. Достаточно высокие биомассы отмечались у сине-зеленых и диатомовых водорослей. Биомасса зеленых водорослей уменьшилась по сравнению с июнем и августом и осталась на уровне апрельских показателей (3,8 мг/м³). Пространственное распределение фитопланктона было по-прежнему неравномерным. Биомасса водорослей колебалась от 70 до 650 мг/м³.

В апреле зоопланктон в районе месторождения им Ю. Корчагина был представлен 5 таксонами, относящимися к отделам коловраток, ветвистоусых и веслоногих раков. По числу видов доминировали коловратки и веслоногие раки – по 2 таксона (табл. 2).

Таблица 2 Показатели состояния и динамики зоопланктона на месторождении им.Ю.Корчагина в 2014 г. (ч – численность, экз/м³; б – биомасса, мг/м³)

Таксон	апрель		июнь		август		октябрь	
	ч	б	ч	б	ч	б	ч	б
Protozoa	-	-	0,3	-	1,1	-	0,6	-
Cnidaria	-	-	0,2	-	1,0	-	0,1	-
Stenophora	-	-	6,8	-	80,1	-	74,0	-
Rotatoria	6,7	0,005	25,2	0,023	8,9	0,008	-	-
Cladocera	20,8	0,936	60,3	2,614	2,8	0,110	-	-
Copepoda	347,1	1,372	636,6	3,079	980,4	12,392	266,8	2,343
ИТОГО	374,6	2,313	754,7	5,836	1107,2	12,771	568,3	2,806

Средняя биомасса зоопланктона составила 2,31 мг/м³, численность – 0,37 тыс.экз./м³. По численности и биомассе в зоопланктоне преобладали веслоногие раки (93% от общей численности и 59% от общей биомассы). В июне зоопланктон был представлен 11 таксонами, относящимися к отделам простейших, кишечнополостных, гребневиков, коловраток, ветвистоусых и веслоногих раков, личинкам циррипедий и моллюсков. По числу видов доминировали коловратки – 3 таксона (табл. 2). Средняя биомасса зоопланктона составила 5,84 мг/м³, численность – 0,75 тыс.экз./м³. По численности и биомассе в зоопланктоне преобладали веслоногие раки (84% от общей численности и 53% от общей биомассы). В августе зоопланктон был представлен 13 таксонами, относящимися к отделам простейших, кишечнополостных, гребневиков, коловраток, ветвистоусых и веслоногих

раков, личинкам Decapoda, циррипедий и моллюсков. По числу видов доминировали коловратки – 4 таксона (табл. 2). Средняя биомасса зоопланктона составила 12,8 мг/м³, численность – 1,11 тыс.экз./м³. По численности и биомассе в зоопланктоне преобладали веслоногие раки (88% от общей численности и 97% от общей биомассы). В октябре зоопланктон представлен 8 таксонами, относящимися к отделам простейших, кишечнополостных, гребневиков и веслоногих раков, личинкам циррипедий и моллюсков. По числу видов доминировали простейшие и веслоногие раки – по 2 таксона (табл. 2). Средняя биомасса зоопланктона составила 2,8 мг/м³, численность – 0,57 тыс.экз./м³. По численности и биомассе в зоопланктоне преобладали веслоногие раки (47% от общей численности и 83% от общей биомассы). Коловратки и ветвистоусые раки в зоопланктоне обнаружены не были.

В рассматриваемый период времени зоопланктон в районе месторождения им. Ю. Корчагина был относительно беден и по своему разнообразию, и по количественным показателям. Ход сезонной сукцессии был нормальным, численность, биомасса и разнообразие возросли от апреля к августу, а в октябре вновь снизились. Гребневик в данном районе появился в июне, массовое развитие пришлось на август. В апреле зообентос в районе месторождения им Ю. Корчагина был представлен 32 таксонами (табл. 3).

Таблица 3 Показатели состояния и динамики зообентоса на месторождении им. Ю. Корчагина в 2014 г. (ч – численность, экз/м², б – биомасса, г/м²)

Виды и группы макрозообентоса	апрель		июнь		август		октябрь	
	ч	б	ч	б	ч	б	ч	б
Annelidae	237	0,506	78	0,452	137	0,153	69	0,08
Crustacea	2462	2,011	571	1,121	376	0,224	80	0,697
Mollusca	142	23,2	118	12,5	191	17,1	114	4,79
Всего	2841	25,717	767	14,073	704	17,477	263	5,567

По числу видов доминировали ракообразные (23 вида), а среди них – гаммариды (13 видов). Средняя биомасса зообентоса составила 25,7 г/м², численность – 2841 экз/м². По биомассе в зообентосе преобладали моллюски (90% от общей биомассы), а по численности – ракообразные (86% от общей численности). В июне зообентос представлен 33 таксонами (табл. 7.3). По числу видов доминировали ракообразные (22 вида), а среди них – гаммариды (13 видов). Средняя биомасса зообентоса составила 14,1 г/м², численность – 767 экз/м². По биомассе в зообентосе преобладали моллюски (89% от общей биомассы), а по численности – ракообразные (74% от общей численности). В августе зообентос был представлен 30 таксонами (табл. 3). По числу видов доминировали ракообразные (17 видов), а среди них – гаммариды (10 видов). Средняя биомасса зообентоса составила 17,5 г/м², численность – 704 экз/м². По биомассе в зообентосе преобладали моллюски (98% от общей биомассы), а по численности – ракообразные (53,4% от общей биомассы). В октябре зообентос в районе месторождения им Ю. Корчагина был представлен 25 таксонами (табл. 3). По числу видов доминировали ракообразные (14 видов), а среди них – гаммариды (8 видов). Средняя биомасса зообентоса составила 5,6 г/м², численность – 263 экз/м². По численности и биомассе в зообентосе преобладали моллюски (86% от общей биомассы 43% от общей численности).

Таким образом, в 2014 году зообентос в районе расположения морских нефтегазовых объектов в Северном Каспии отличался большим разнообразием и относительно хорошими количественными показателями. Наибольшая численность и биомасса наблюдались в апреле, видовое разнообразие – в апреле и июне. В последующие съемки количественные и качественные показатели снижались за счет донных животных рыбами рыбами-бентофагами.

Наблюдения за состоянием планктона и бентоса в районе расположения морских нефтегазовых объектов указывают на благополучное состояние фитопланктона и зообентоса, а также на продолжающееся угнетение мнемииописом развития зоопланктона. Временные

изменения состояния планктона и бентоса объясняются сезонной сукцессией, пространственно-гидрологическими и литологическими параметрами. В пространственно-временной изменчивости гидробиологических параметров не выявлено особенностей, указывающих на техногенное воздействие.

TRANSNATIONAL INFORMATION EXCHANGE IN ELIMINATION OF CONFLICT OF INTERESTS BETWEEN WATER USERS IN CENTRAL ASIA

N.B. Kurbonov

Tajik National University, Tajikistan
nomvarjon_90@mail.ru

The current situation with water use in Central Asia is analysed. It is shown that optimal way to resolve the conflict between irrigation and water power engineering in the region is their joint development by constructing large hydropower stations with reservoirs and establishment transnational information exchange.

Water resources in the Aral Sea Basin, whose territory belongs to five states, are mostly used for irrigation and hydropower engineering. These water users require river runoff to be regulated with different regimes. The aim of the hydropower engineering is the largest power production and, accordingly, the utilization of the major portion of annual runoff of rivers in the winter, the coldest season of the year. Irrigation requires the largest water volume to be available in the summer, during the vegetation period. River runoff regulation is exercised by large reservoirs, which, along with hydropower stations are operated as part of complex purpose hydroschemes. The largest hydropower stations have been constructed in the republics of the runoff formation zone in the upper reaches of the Amudarya and Syrdarya Rivers in Kyrgyzstan and Tajikistan, while the major land areas to be irrigated are concentrated in the republics in the lower reaches of the rivers - Kazakhstan, Turkmenistan, and Uzbekistan.

The conflict of interests between hydropower engineering and irrigated farming has become evident and acquired transnational significance. What are the causes of the present-day conflict between irrigation and power engineering in the region? The first cause is the excessive development of irrigated farming in the region in the 1960s–1990s, resulting in a strict demand for practically complete regulation of river runoff, both seasonal and over years, and its complete consumption for irrigated farming. The power engineering, which was of subordinate significance for the republics of the USSR in the region, was also operated under the regime of complete irrigation oriented runoff regulation. By the way, it was this approach that has resulted in drying off of the Aral Sea with catastrophic environmental consequences. The second cause is the severance of economic ties between Central Asian countries after the collapse of the Soviet Union. In the Soviet period, irrigated farming was a priority in the use of water resources. At the same time, hydropower engineering was operated in the regime unfavorable for the national interests of the countries in the upper reaches of the rivers; however, this had no effect on the results of its operation. What are the ways to resolve this problem? Paradoxically as it may be, a radical solution of the conflict between irrigation and hydropower engineering will be their joint rapid development with the construction of new large HPPs with large volume reservoirs, rather than the restriction or subordination of one of them. In the case of hydropower engineering, this implies the production of economic and clean power, and in what regards the irrigation, this implies an increase in the depth of long-term regulation of runoff and water availability for the areas already developed, as well as the potential for the development of new areas. The availability of several hydropower stations with reservoirs will allow the contradictions between hydropower engineering and irrigation to be resolved. Nowadays, the conflict between them arises because there is only one large hydropower facility

with a reservoir in the basin of each of the major rivers in the region: the Toktogul HPP (Hydropower point) in Kyrgyzstan on the Syrdarya and the Nurek HPP in Tajikistan on the Amudarya. A single large hydroelectric complex on a river cannot exercise runoff regulation in two regimes at once irrigation and power ones. The construction of one more large hydroelectric complex on each of the two rivers will radically change the situation. In this case, the upstream reservoir will operate in a purely power regime, while the downstream reservoir with the same volume will be able to reregulate the runoff and even restore its natural regime. Moreover, it will be able to ensure runoff regulation in the interests of irrigation. The availability of more than two hydroelectric complexes with reservoirs will allow the situation to be improved even farther.

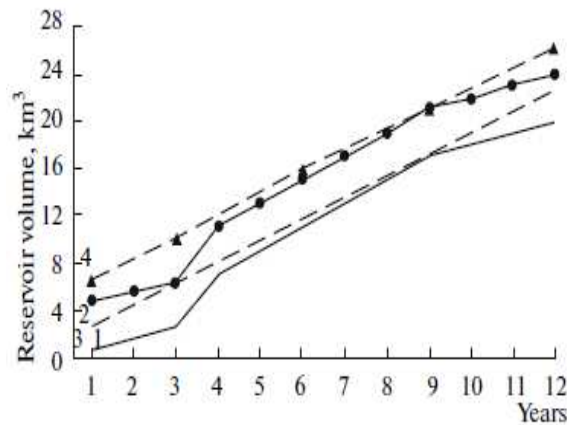


Figure 1. Multipurpose runoff regulation by two reservoirs. 1,2-filled and emptied state of the reservoir, respectively, 3,4-the regime of hydropower regulation at the filled and emptied state of two reservoir, respectively.

Figure 1 shows the potentiality of seasonal regulation with the use of runoff hydrograph. As can be seen from Fig. 3, the second reservoir allows the runoff regime to be reregulated in accordance with curve 2, representing the natural river hydrograph. As can be proved from simple geometric reasoning, this curve can be always inscribed between curves 3 and 4, i.e., in the regulation zone of the second reservoir. Thus, we proved that even two reservoir in the same river allow runoff to be regulated simultaneously in the interests of both hydropower engineering and irrigation. The above scheme, which is based on the construction of additional hydroelectric complexes represents a radical solution of the problem of interrelationship between irrigation and hydropower engineering. However, its implementation would require much financial and time resource. Can any solution of this problem be found within the available resources and capacities? The answer also is yes. Moreover, such general decision has been found in the Agreement on the Use of Water and Energy Resources of the Syrdarya Basin (1998). Article 4 of this Agreement states: “The additional electric power, generated by the chain of Naryn–Syrdarya HPPs because of water releases during vegetation and for over year regulation in the Toktogul and Kayrakkum reservoirs in access of the demand of the republics of Kyrgyzstan and Tajikistan will be transferred to the republics of Kazakhstan and Uzbekistan in equal parts. It will be compensated for by the supply to the republics of Kyrgyzstan and Tajikistan of equivalent amounts of power resources (coal, gas, fuel oil, electric energy), as well as other products (works, services), or in terms of money as agreed, for the creation of necessary annual and over year water reserves in reservoirs for irrigation needs. Clearly, this framework agreement requires further specification, as can be envisaged at the signing of the Agreement. Unfortunately, this has not been done. The result is that the major issues of the relationships between irrigation and hydropower engineering and, accordingly, between the countries of the upper and lower reaches of the basin are still unresolved and cause debates between the affected countries. Nowadays, the most realistic scheme of interaction between countries from the regions of runoff formation and consumption is the payment for runoff regulation services, as stipulated by Article 4 of Agreement on the Syrdarya River (1998). In this case, by payment for runoff regulation services is meant, in essence, simple

compensation (in one form or another) for losses that the countries in the runoff formation region suffer because of its regulation in the interests of downstream countries. All Central Asian countries agree in principle with this scheme of relationships. Why this scheme does not work well? The cause is the lack of specific methods for calculating the volume and price for such services. The result is that the payment for services to Kyrgyzstan from Uzbekistan and Kazakhstan differs from the scheme of their payment to Tajikistan. This causes misunderstanding and debates. The scheme of interaction between hydroelectric complexes in a general chain and the distribution of their functions in the total volume of runoff regulation services also requires methodological substantiation. At the same time, there exists a simple solution, which is well known to experts. This solution is as follows. First, the so-called independent runoff regulation is considered for all individual hydroelectric complexes in their chain. It starts from the upstream reservoir, say for the Toktogul Reservoir in the case of the Syrdarya. Next, the same scheme of independent regulation is successfully calculated for all downstream reservoirs, but with allowance made for in their regimes caused by upstream reservoirs. Such variant of regulation is calculated based only on the national interests of the countries—owners of the reservoirs. Clearly, such conventional scheme will take into account only the interests of the countries in the upper reaches of the rivers; for example, in the Syrdarya basin, these will be the interests of Kyrgyzstan and Tajikistan, which can be reduced to the generation of electric power in the amount and regime required for them.

The proposed approach, which is based on the consideration of first independent and next compensating regulation of runoff, among other things, minimizes the volume of runoff regulation services, since the cost of those services provided by downstream reservoirs is much less than that for the upstream reservoirs. Therefore, such compensation has the form of seasonal exchange of power, which was practiced in the USSR. Clearly, such compensation can be implemented either in terms of money or as the supply of power or its equivalents, such as gas, oil, or coal.

The above analysis shows that the irrigation and the hydropower engineering are not inevitable competitors in Central Asia. The conflict of interests between them is in many aspects of random nature. When independent states are involved and the market relationships are at a sufficiently high level, the two branches can interact efficiently. Moreover, this interaction can contribute to the mutually beneficial cooperation of Central Asian states with the aim to jointly use the available water and power resources. The most important indices for economic activity are the total volume of water runoff and its variations (seasonal and long-term). Let us consider this issue from the viewpoint of the two types of economic activity, the irrigation and hydropower engineering, which are of primary importance for Central Asian countries. The irrigation, housing and utilities infrastructure, and some other branches use water by its consumptive withdrawal. With the high population density and its rapid growth in the Central Asia, this has already resulted in a deficiency in water resources in the region. In the future, this deficiency can acquire even more acute and crisis forms. Under such conditions, a decrease in water resources will have a negative effect on the irrigation farming, the major type of activity for more than 70% of population in Tajikistan and Central Asia.

Thus, the hydropower engineering does not suffer from significant limitation of its development potential in the resource aspect. The possible decrease in water resources because of climate change is insignificant compared with their part not in use. The current problems of hydropower engineering in Central Asia are in essence a continuation of the irrigation related problems, rather than result from their resource or engineering basis. However, paradoxically as it may sound, a radical resolution of those contradictions is possible only if the hydropower engineering will be developed by the construction of new large HPPs with reservoirs.

The construction of large HPPs (a potential for constructing ~80 large stations exists in Tajikistan) will also help to solve irrigation problem at the expense of correction of the economic strategy of national development. The point is that the profit from a single HPP, like the Nurek HPP, with an electricity rate of as little as 5 cent/kWh will amount to ~500 \$million per year. Nowadays, this the cost of the entire production of cotton, the priority crop for Tajikistan agriculture. A considerable increase in hydropower engineering production will allow the share of

river runoff utilized now to the level corresponding to dry years and even lower, after which the problem of climate change and a decrease in water resources will be of no practical significance. However, the problem of seasonal hydrological prediction of water runoff and the accuracy of such prediction will persist and even gain in significance. The prediction of water runoff with the aim of its economic use in Central Asia has a significant feature.

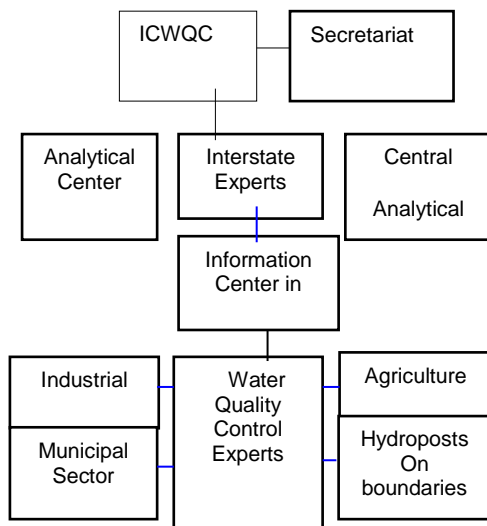
The construction of a number of large reservoirs in the region has resulted in that the water regime of the rivers (in terms of both the runoff volume and its seasonal, and, sometimes, long-term variations) is largely determined by human activity. The basis for prediction in regulated river basins is now the information exchange between users; however, its quality is not good. The problems arising here are due to not only engineering restrictions, but also to state-to-state relations, since the existing hydroelectric complexes are generally located in the territories of different Central Asian states. As to the safety of the operation of hydraulic structures, it is now reliably ensured by state standards, as early as during the design state.

The prediction of water runoff and the monitoring of its use require the development of an observation system and the arrangement of information exchange, including transnational level. It is reasonable to include the gages (or stations) at the existing economic facilities, such as HPPs, dams, water intakes, etc., into the water resources observation network.

The penetrating comprehension of water importance in the region and social responsibility for steady water supply, for example, called immediate reaction of 5 Governments in Central Asia. In February 1992 there was founded Interstate Coordination Water Commission (ICWC). The foundation of ICWC in difficult and unpredictable post-Soviet time enabled the countries of the region to pass painlessly the period of water “anarchy”, to ensure equilibrium and consent in the region and has shown strategy of all countries to ensure today and in future mutual understanding and respect in fruitful cooperation.

It gives the ground to hope, that the problem of contamination and ascending of a degree of water arteries mineralization can be solved with the same success by creating (similar ICWC) Interstate Coordination Water Quality Commission (ICWQC).

The structure of such organization can be presented in the following aspect:



Structural subdividing “The interstate experts” unite the leading technicians in evaluating the quality and composition of waters from all five states of Central Asia.

The main function of this body is to compare the republican experts’ information about water composition and to solve disputable questions by carrying out the independent expert appraisals of water quality of Transboundary Rivers. ICWQC Secretary appoints the stuff and sets terms of power of the interstate experts.

In Information Center established in each country of Central Asia the water quality control statistics in industrial, agricultural, municipal sectors and Hydroposts are gathered, generalized and systematized.

Thus, the data concerning water arteries quality from each country come to Analytical Center of ICWQC.

It should be noted that after reaching the complete transparency of relative composition and quality of all water arteries in Central Asia the next stage is the development of mechanisms to encourage and take measures to the states polluting water environment. These problems together with other questions should be studied in ICWQC Secretariat for considering at Meeting of Central Asia Heads of Governments.

Transparency and exchange of the countries by reliable meteorological and hydrological data and information on the actual volume of water use for irrigation in downstream countries, as well as the interchange of information on water quality of Transboundary Rivers are the key of weakening of conflicts between water users in the Central Asian Region. This can be achieved through the establishment of regional information centers on all aspects of water.

ОЦЕНКА АССИМИЛЯЦИОННОЙ ЕМКОСТИ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ ПО МАТЕРИАЛАМ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОСГИДРОМЕТА

Мезенцева И. В.

*Севастопольское отделение ФГБУ "ГОИН им. Н.Н.Зубова", Севастополь, Россия,
lab_sea_chem@mail.ru*

The present state of marine ecosystem is considered as critical and requires scientifically grounded approach to normalize it. One way to normalize ecological state of marine ecosystem is to assess the ability of the marine ecosystem to self-purification by calculating its assimilation capacity in relation to priority pollutants. The sufficient monitoring observations over the pollutants recommended for the study is necessary condition, it allows to identify priority pollutants and calculate the time of its removal. Network hydrochemical stations proposed in this work, aimed at restoring national background monitoring in the Crimea region and the development of a strategy for quality management of the marine environment to regulate the flows of pollutants.

Активность природного самоочищения морских акваторий определяется взаимно обусловленными процессами, в том числе, различным по масштабам и составу поступлением в них загрязняющих веществ (ЗВ), взаимодействием вод с донными отложениями и морским аэрозолем, перераспределением и трансформацией вещества биологической компонентой водоема, включая процессы самоочищения и накопления в гидробионтах, динамическим переносом. При высоком уровне загрязнения морских экосистем, в особенности импактных районов, практикуемое в настоящее время нормирование поступления ЗВ с промышленными и бытовыми стоками лишь на единицу объема сброса, игнорируя их общий поток и способность водного бассейна в целом к самоочищению, может оказаться неадекватным и привести к значительному ухудшению экологической обстановки. Важным в этом случае является строгое лимитирование потоков ЗВ по биогеохимическим критериям, отражающее концентрационную и сорбционную функцию живого и костного вещества, интенсивность массообмена со смежными акваториями, а также продукционную и седиментационную характеристики конкретной морской экосистемы, то есть ее ассимиляционную емкость (АЕ) в отношении приоритетного ЗВ или их комплекса.

Универсальная для любого комплекса ЗВ реализация модели оценки АЕ экосистемы проводится в три этапа: 1) оценивается уровень загрязненности морских вод с целью выявления приоритетного для исследуемой акватории ЗВ; 2) проводится количественная

оценка изменения содержания ЗВ для расчета времени пребывания его в экосистеме; 3) дается статистическая оценка АЕ экосистемы по отношению к приоритетному ЗВ.

Оценка способности каждой конкретной экосистемы к самоочищению базируется на основе концепции АЕ, разработанной Ю.А. Израэлем и А.В. Цыбань [1, 2]. Наиболее сложным является расчет интегрального времени пребывания ЗВ в исследуемой экосистеме, которое в значительной степени определяется физико-химическими свойствами конкретного ЗВ, гидродинамическими параметрами акватории и комплексом процессов, отвечающих за деструкцию ЗВ или его вынос за пределы исследуемой акватории.

Для районов гидрохимических (г/х) мониторинговых исследований Росгидромета в основу расчета величины АЕ морской экосистемы может быть положен статистический метод. Реализация унифицированного метода оценки АЕ, подробно рассмотренная в [3, 4]. Предлагаемый в [5] алгоритм оценки АЕ не требует дополнительных целевых натуральных и лабораторных исследований, а потому более доступен. Однако он ограничен условием достаточности мониторинговых наблюдений за содержанием ЗВ, позволяющим выявить приоритетность загрязнителя и рассчитать время его удаления. Поэтому г/х исследования необходимо проводить в двух генеральных направлениях: 1) комплексные мониторинговые наблюдения за содержанием ЗВ, способные дать прогностическую оценку экологической ситуации; 2) изучение АЕ экосистем в целях определения условий для сохранения генофонда морских акваторий путем выработки стратегии управления качеством морской среды и научно обоснованного нормирования потоков ЗВ.

Анализ современного экологического состояния прибрежных акваторий Крыма свидетельствует о необходимости срочного восстановления государственного контроля по программе государственного фонового мониторинга качества морских вод и верхнего антропогенно трансформированного слоя морских донных отложений. На текущий момент фоновые мониторинговые наблюдения Морскими гидрометеорологическими станциями (МГ «Ялта» и МГ «Опасное») за качеством вод Черного и Азовского морей у побережья Крыма сокращены до 1 г/х станции в акватории п. Ялта и 4 г/х станций в Керченском проливе. Следовательно, морские акватории Крыма, имеющие колоссальный рекреационный и рыбохозяйственный потенциал, не подлежат государственному контролю. Отсутствие комплексных мониторинговых исследований фонового состояния морской среды, особенно необходимых для акваторий, примыкающих к инфраструктурам грузопассажирского, рыболовецкого, военного флотов, не позволяет адекватно оценить базовое состояние морских экосистем и перспективу развития экологических ситуаций.

Сетка г/х станций государственного фонового мониторинга, предложенная для Севастопольского региона, а также коррекция категоричности и местоположения станций наблюдений в Каркинитском и Каламитском заливах, у побережья Южного берега Крыма и на азовоморском взморье направлены, в том числе, на реализацию Бухарестской Конвенции о защите Черного моря от 4.02.1994 года. Акцент на современной оценке содержания и пространственно-временного изменения загрязняющих комплексов, таких как нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества, хлорорганические пестициды, полихлорированные бифенилы и металлы, обеспечит участие в региональном обмене данными по мониторингу загрязнения в соответствии с международной Программой Черноморской Комиссии BSIMAP.

Количественный результат оценки способности конкретных прибрежных экосистем к самоочищению по материалам мониторинговых исследований Росгидромета должен являться основой для формирования практических рекомендаций с целью выработки стратегии управления качеством морской среды.

Часть работы выполнена в рамках проекта РФФИ грант № 14-45-01021 р_юг_а «Комплексная характеристика современного уровня загрязнения морских вод в прибрежных акваториях Севастополя».

ЛИТЕРАТУРА

1. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
2. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Об ассимиляционной емкости Мирового океана // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 272, № 3. – С. 702-705.
3. Совга Е.Е., Мезенцева И.В., Любарцева С.П. Оценка ассимиляционной емкости экосистемы Днепровского лимана в отношении нефтепродуктов как метод нормирования их сброса в акваторию лимана // Докл. НАН Украины.– 2011.– № 10.– С.105-109.,
4. Совга Е.Е., Мезенцева И.В. О методике нормирования сбросов загрязняющих веществ в мелководные акватории (заливы, лиманы, порты) Черного и Азовского морей // Междунар. научн. конф. «Современное состояние и перспективы наращивания морского ресурсного потенциала Юга России». Казивели 15-18.09 2014 г.– С.58-60.
5. Совга Е.Е., Мезенцева И.В., Хмара Т.В., Слепчук К.А. О перспективах и возможностях оценки самоочистительной способности акватории Севастопольской бухты // Сб. науч. тр. «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа». Вып. 28 / НАН Украины, МГИ, ОФ ИНБИОМ. – Севастополь, 2014. – С. 153-164.

АППРОКСИМАЦИЯ ПРОФИЛЯ СЕРОВОДОРОДА ДЛЯ РАСЧЕТА КАРБОНАТНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Медведев Е.В., Шокурова И.Г., Моисеенко О.Г.

*Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия,
eugene.medvedev1984@gmail.com*

In this study, the approximation of the hydrogen sulfide profile based on the selection of analytical function of hydrogen sulfide concentration dependence on density was derived. The exponential curve with a quadratic degree was applied for the approximation of this profile. The comparison of fields plotted from measured and calculated data showed good convergence. This method is suitable for calculations of the hydrosulfide component of total alkalinity.

С начала индустриальной эпохи уровень углекислого газа (CO_2) в атмосфере неуклонно растет, этот процесс связан с деятельностью человека. При поступлении CO_2 из атмосферы в океан, нарушается равновесие между растворенными формами неорганического углерода. Совокупность этих форм называется карбонатной системой. Она является одной из основных буферных систем мирового океана. Изменения в карбонатной системе вследствие поступления атмосферного углекислого газа приводит к изменениям химии океана, в том числе снижение pH, которые могут повлиять на ключевые биологические процессы.

Карбонатная система включает в себя угольную кислоту (H_2CO_3) и продукты ее диссоциации: растворенный CO_2 , бикарбонат- (HCO_3^-) и карбонат-ионы (CO_3^{2-}), равновесное парциальное давление углекислого газа ($p\text{CO}_2$), общий растворенный неорганический углерод (TCO_2), водородный показатель (pH) и общую щелочность (Alk).

Из параметров карбонатной системы, аналитическими методами могут быть измерены $p\text{CO}_2$, pH, TCO_2 , Alk. Однако, для расчета всех компонентов карбонатной системы достаточно знать два любых из перечисленных параметров, температуру, соленость и давление.

При изучении многолетних изменений карбонатной системы, в качестве исходных данных для расчета, наиболее подходящими являются pH и Alk, так как эти параметры определяются на протяжении многих десятилетий, и существует достаточное для анализа количество верифицированных данных по Черному морю [3].

Однако для анаэробных бассейнов при расчетах компонентов карбонатной системы по pH и Alk необходимо учитывать гидросульфидную составляющую общей щелочности [1]. При этом, для имеющегося массива данных, значительное количество данных измерений не обеспечено сопутствующими измерениями концентрации сероводорода.

Цель работы – вычисление концентраций сероводорода исходя из их зависимости от условной плотности для применения полученных значений при расчете компонентов карбонатной системы анаэробной зоны моря с учетом гидросульфидной составляющей общей щелочности, как одной из исходных величин для расчета.

Сероводородная зона в Черном море начинается с глубины, соответствующей изопикне $\sigma_t = 16.2 \text{ кг/м}^3$ (в среднем, это глубина ~ 100 м). Содержание сероводорода увеличивается с глубиной – от минимального значения в кислородной зоне до максимального значения на глубинах более 1800 м.

В слое пикноклина 50-300 м, имеющего в Черном море куполообразную форму, распределение сероводорода повторяет распределение плотности. Динамические процессы – вихревые образования, апвеллинг, конвекция приводят или к опусканию поверхностных вод без сероводорода, или к подъему глубинных вод, содержащих сероводород. Таким образом в измерениях ненулевые значения сероводорода отмечаются и на горизонтах выше 100 м.

Существует аналитическое решение описания профиля сероводорода с глубиной в виде экспоненциальной кривой, полученное на основе модели [2]. Однако для применения данной модели необходимо знание распределения величин коэффициентов турбулентной вязкости и вертикальной скорости, что можно получить на основе расчетов по гидродинамическим моделям. Для уточнения гидросульфидной составляющей, измеренной напрямую, общей щелочности достаточно использование эмпирической зависимости концентрации сероводорода от плотности, которую можно получить на основе анализа имеющихся наблюдений и аппроксимации профиля сероводорода аналитической функцией.

В данной работе на основе обработки данных наблюдений сероводорода производилась аппроксимация профиля сероводорода кривой на основе подбора аналитической функции зависимости концентрации сероводорода от плотности.

Использовались данные по содержанию сероводорода и сопутствующим измерениям температуры и солености из банка данных МГИ РАН. Массив данных включает 3173 станций измерений (20409 измерений на различных горизонтах) в период с 1923 по 2011 гг. Наиболее обеспеченными данными являются стандартные горизонты (7548 измерений), поэтому для аппроксимации профиля сероводорода использовались данные, осредненные на стандартных горизонтах.

Предварительно проводилась статистическая обработка данных по правилу 3σ – значения, выходящие за пределы трех среднеквадратических отклонений в окрестности среднего значения, не использовались. Во избежание влияния межгодовой изменчивости и временной неоднородности количества измерений данные на стандартных горизонтах предварительно усреднялись по годам и месяцам, а затем по десятилетиям.

Изменение плотности с глубиной характеризуется плавным ее увеличением с высокими градиентами в слое 50-300 м (пикноклин) и низкими глубже горизонта 800 м. Концентрация сероводорода возрастает с увеличением плотности. Градиент сероводорода относительно плотности значительно увеличивается в глубоких слоях, что связано с низкими значениями градиента плотности.

Для аппроксимации профиля была использована экспоненциальная кривая с квадратичной степенью: $f(\sigma) = \exp(a\sigma^2 + b\sigma + c)$, где $\sigma(S, t, 0)$ – плотность, приведенная к горизонту 0 м.

Коэффициенты подбирались автоматически, при помощи специализированного программного обеспечения. Значения коэффициентов могут варьироваться в зависимости от временного периода осреднения данных.

Сравнение полей сероводорода на горизонте 100 м, построенных на основе измеренных данных и рассчитанных показывает следующее. В поле сероводорода по рассчитанным

данным хорошо воспроизводится структура поля, зависящая от динамических факторов – более высокие значения в центральной части моря, где происходит подъем вод, и низкие на свале глубин и шельфовой зоне. Однако возникают некоторые расхождения у Кавказского побережья. Сравнение отдельных профилей показывает их хорошее совпадение по глубине.

Таким образом, использование эмпирической формулы для расчета сероводорода по плотности может быть применено при проведении оценок содержания в воде сероводорода, необходимых для учета гидросульфидной составляющей общей щелочности, как одной из исходных величин при расчете компонентов карбонатной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О. А., Ляхин Ю. И. Химия океана. Л., Гидрометеиздат. 1984. 344 с.
2. Беляев В.И., Совга Е.Е. Математическая модель экосистемы сероводородной зоны Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 1991. - № 6. - С. 42 – 54.
3. Медведев Е. В., Моисеенко О. Г., Ингеров А. В. Структура и оценка качества экспедиционных данных рН и общей щелочности вод Черного и Азовского морей, полученных в период с 1920-х по 1990-е годы. // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: VII Международная конференция, 20 – 23 июня 2012 г.: сборник научных статей. – Керчь: ЮГНИРО, 2012. – Т. 2 - С. 167 – 170.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ: ПРАВИЛА, НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКИ

Монахов С.К.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», г. Астрахань, Россия
kaspnmiz-sk@mail.ru*

In the past years, the legislation for industrial environmental monitoring at all stages of oil and gas reserves exploration and exploitation has been significantly improved. This monitoring remains multifunctional, but its controlling function is dominating. However, it still requires more clarity and coherency to avoid legal rights.

Фундаментом нормативно-правовой базы производственного экологического мониторинга (ПЭМ) является Конституция Российской Федерации, в соответствии с которой «каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии...» (ст. 42).

В настоящее время согласно действующим нормативным правовым актам ПЭМ одновременно является:

- формой реализации на локальном уровне отдельных видов государственного экологического мониторинга;
- одним из видов специальных инженерных изысканий,
- составной частью производственного экологического контроля (ПЭК).

Отсутствие четкого однозначного определения принадлежности, понятия, целей и задач ПЭМ в течение долгого времени было основной помехой для разработки и реализации программ ПЭМ. В 2014 г. были утверждены несколько стандартов, отчасти решивших эту проблему.

В соответствии с ГОСТ Р 56062-2014 ПЭМ является одной из форм производственного экологического контроля (ПЭК), предназначенной для решения одной из его задач, а именно контроля за состоянием окружающей среды в районе объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. При этом данная задача для ПЭМ является основной.

В ГОСТ Р 56059-2014 дано определение ПЭМ, как осуществляемого в рамках ПЭК мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды, включающего долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениям, а также оценку и прогноз состояния окружающей среды, ее загрязнения на территориях субъектов хозяйственной и иной деятельности (организаций) и в пределах их воздействия на окружающую среду.

Таким образом, разработчики данного стандарта смогли совместить в одном определении два представления о ПЭМ, во-первых, как формы реализации на локальном уровне отдельных видов экологического мониторинга, во-вторых, как составной части ПЭК. Если бы в данном определении указывалось на преемственность ПЭМ относительно инженерно-экологических изысканий, то оно бы полностью соответствовало действующему законодательству.

Действующие нормативные правовые акты сделали ПЭМ легитимным, дали ему «путевку в жизнь», но не определили (за редким исключением) организации, на которые прямо возлагаются обязанности по его проведению. А пока обязанность по проведению ПЭМ возлагается на отдельные предприятия только косвенным образом с учетом их отраслевой и/или территориальной принадлежности.

В частности, такая обязанность может быть установлена для предприятий, осуществляющих геологическое изучение, разведку и разработку месторождений полезных ископаемых на морских акваториях. Данные предприятия обязаны осуществлять производственный экологический мониторинг, если это предусмотрено: а) условиями пользования недрами, оговоренными в выданной ему лицензии; б) применимыми к ним стандартами (нормами, правилами) по охране недр и окружающей среды.

Однако обязанность по проведению ПЭМ в условиях пользования недрами, как правило, прописана расплывчато, часто вообще без указания его цели и задач, что открывает простор для их произвольного толкования.

Стандартом, применимым к предприятиям морского нефтегазового комплекса является ГОСТ 53241-2008 «Требования к охране морской среды при разведке и освоении нефтегазовых месторождений континентального шельфа, территориального моря и прибрежной зоны», в соответствии с которым организация, выполняющая работы по разведке и освоению морских месторождений углеводородного сырья, должна участвовать в локальном государственном мониторинге отведенных в водопользование акваторий с целью своевременного выявления негативных воздействий на качество вод и состояние водных объектов.

Из-за отсутствия в действующем законодательстве прямого, безусловного требования о необходимости проведения ПЭМ при поиске, разведке и добыче углеводородов на морском шельфе, его нормативно-правовая база воспринимается как неустойчивая и ненадежная, «страдающая» неопределенностью.

В первом случае отсутствие ясных формулировок цели и задач ПЭМ не позволяет четко определить перечень контролируемых параметров, периодичность наблюдений, количество пунктов и их размещение в пространстве. Во втором случае неопределенность обусловлена отсутствием ясного указания на отнесение ГОСТ 53241-2008 к стандартам (нормам и правилам) в области охраны недр и окружающей среды, обязательным к исполнению в соответствии с законодательством о недрах.

Для менеджмента нефтегазовых компаний, работающих на морском шельфе, существующие неопределенности нормативно-правовой базы ПЭМ выступают как правовые риски, которые должны учитываться при организации и осуществлении природоохранной деятельности.

Отказ от проведения ПЭМ или сокращение перечня и количества наблюдений по сравнению с программой, установленной в проектной документации, может рассматриваться надзорными органами, как правонарушение, подпадающее под действие ст. 8.1 КоАП РФ

«Несоблюдение экологических требований при осуществлении градостроительной деятельности и эксплуатации предприятий, сооружений и иных объектов».

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МОРСКОЙ СРЕДЫ НА ЛОКАЛЬНОМ УРОВНЕ

Монахов С.К.¹, Макарова Е.Н.², Монахова Г.А.¹

¹ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Россия, Астрахань
kaspmniz@mail.ru

²ФБУ «Северо-Каспийская дирекция по техническому обеспечению надзора на море»
seains@mail.ru

The management of marine environmental quality at the local level is essential when special water areas are allotted for the needs of marine industry or, vice versa, require special protection. For these purposes, local standards of marine environmental quality and local load standards for pollutant substances are set, the latter covering pollutants entry from local and external sources. The best way to develop local quality standards is - the environmental modification of the common standards using correction coefficients describing on the one hand the peculiarities of geochemical pollutants behaviour within the water area, and on the other hand - the structural and functional characteristics of the marine ecosystem which determine its resilience to pollution. Balance and synoptic methods are used to determine maximum permissible load of pollutants on the water area under consideration (assimilation capacity). The article gives their overview and illustrates their application to some areas of the Caspian Sea.

Необходимость в управлении качеством морской среды на локальном уровне возникает в случаях, когда на акватории моря обособливаются участки для ведения морского хозяйства или, наоборот, нуждающиеся в особой охране. Для достижения этой цели устанавливаются локальные нормативы качества морской среды и локальные нормативы нагрузки по загрязняющим веществам, включая их поступление из внешних и местных источников. Кратчайший путь для разработки локальных нормативов качества – это экологическая модификация общеупотребительных нормативов с использованием поправочных коэффициентов, характеризующих, с одной стороны, особенности геохимического поведения загрязняющих веществ на данной акватории, а с другой стороны – структурно-функциональные особенности морской экосистемы, определяющие ее устойчивость к загрязнению. Для определения предельно-допустимой нагрузки по загрязняющим веществам на данную акваторию (ассимиляционной емкости) предложено использовать балансовый и синоптический методы.

Для характеристики особенностей геохимического поведения загрязняющих веществ (ЗВ) в пределах данной акватории предложено использовать геоэкологические показатели загрязнения морских вод: девиантность, мобильность и активность ЗВ. Девиантность (D) рассчитывается по формуле:

$$Df_j = P_j - F, \quad (1)$$

где Df_j – фактическая девиантность в данной точке акватории; P_j – концентрация загрязняющего вещества в данной точке в данный момент времени; F – фоновая концентрация этого вещества в пределах данной акватории в данный момент времени (медиана пространственного ряда).

Основными причинами отклонения точечной концентрации от фоновой по нашему мнению являются межфазный и внешний массообмен. Под межфазным обменом понимается обмен загрязняющих веществ между различными компонентами морской среды: водой и планктоном, водой и взвесью, взвесью и донными отложениями и т.д. Способность

загрязняющих веществ к межфазному обмену предлагается именовать биогеохимической активностью или просто активностью и обозначать буквой А.

Внешний массообмен включает в себя процессы поступления загрязняющих веществ на данную акваторию и их вынос за ее пределы, включая разложение и безвозвратное захоронение загрязняющих веществ. Вовлеченность загрязняющих веществ во внешний массообмен предлагается именовать мобильностью и обозначать буквой М.

В соответствии с высказанным выше положением, девиантность следует рассматривать как сумму активности и мобильности:

$$Df_j = Af_j + Mf_j, \quad (2)$$

где Af_j – фактическая активность загрязняющего вещества в данной точке акватории; Mf_j – фактическая мобильность загрязняющего вещества в данной точке акватории.

Исходя из теоретических соображений, можно предполагать, что с активностью – способностью загрязняющих веществ к межфазному обмену, включая обмен с «живым веществом» – напрямую связано их токсическое воздействие на биоту. Следовательно, чем выше активность по абсолютному знаку, тем ниже должна быть ПДК. С другой стороны, можно предполагать, что с мобильностью – способностью загрязняющих веществ к внешнему обмену – напрямую связано уменьшение их нагрузки на биоту.

Следовательно, чем выше мобильность по абсолютному знаку, тем выше должна быть ПДК. Таким образом, активность и мобильность противоположны друг другу – активность загрязнителей вредна для биоты, а мобильность, наоборот, полезна. С учетом этих соображений для экологической модификации рыбохозяйственных ПДК с использованием геоэкологических показателей загрязнения морской среды предложена следующая формула:

$$ПДК_{эм} = ПДК_{рх} (m/a)^{a/m} \quad (3)$$

где a – активность, а m – мобильность загрязняющего вещества.

В балансовом методе, используемом для определения предельно-допустимой нагрузки по загрязняющим веществам на данную акваторию (ассимиляционной емкости), эта нагрузка определяется прямыми расчетами потоков ЗВ на основе данных многолетних наблюдений. Но длинные ряды достаточно редки. В большинстве случаев для выбранной акватории мы имеем данные одной или нескольких съемок, разделенных между собой большим интервалом времени. Для такого рода данных балансовый метод неприменим.

В таких случаях вместо него предлагается использовать синоптический метод, основой которого является предположение, что неоднородное распределение загрязняющего вещества в однородной по физическим параметрам водной массе является следствием протекающих в ней процессов самоочищения, точкой отсчета времени для которых является прохождение последнего шторма на акватории (поэтому данный метод назван «синоптическим» методом).

Внедрение системы управления качеством морской среды на локальном уровне облегчается при определении локальных нормативов качества путем экологической модификации общеупотребительных нормативов. В свою очередь процедура модификации упрощается за счет использования геоэкологических показателей загрязнения морской среды, которые в будущем планируется дополнить биологическими показателями, характеризующими устойчивость экосистем к загрязнению. Этот пробел будет обязательно восполнен, но он не является препятствием для внедрения системы управления качеством морской среды на локальном уровне, которая до этого времени может основываться исключительно на геоэкологических показателях загрязнения морской среды.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА УГЛЕВОДОРОДОВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (КАСПИЙСКОЕ, БАЛТИЙСКОЕ И БАРЕНЦЕВО МОРЯ)

Немировская И.А.¹, Островская Е.В.²

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия nemir@ocean.ru

²Каспийский морской научно-исследовательский центр, г. Астрахань, Россия
eostrovskaya@mail.ru

The paper presents results of multiyear studies of hydrocarbons in the offshore areas with active oil and gas production. It is shown that transformed petrogenic homologues prevail among alkanes in these areas' sediments, and the variability of hydrocarbons' concentrations there is significantly higher than normally found in marine sediments.

В районах добычи нефти ежегодно проводят комплексные мониторинговые исследования, сложность которых состоит с одной стороны во множественности источников их поступления и трансформации в морских средах, а с другой - необходимо учитывать, что распределение антропогенных УВ происходит на устойчивом природном углеводородном фоне. Поэтому изучение УВ (их содержания и состава) проводили в сопоставлении с распределением в толще воды взвеси, фитопигментов, взвешенного органического углерода; в донных осадках – учитывая их гранулометрический состав и содержание $C_{орг}$.

Анализ опубликованных экспертных оценок показал, что количество УВ, поступающих из всех источников в Мировой океан (1.3 млн. т.), сопоставимо (при отсутствии крупных аварий) с ежегодным их потоком, поступающим со дна 600 тыс. т, (46% от суммы). Аварийные разливы, вопреки распространенному мнению, не являются главным источником нефтяного загрязнения. Их вклад по последним оценкам составляет от 9-13% от общего глобального потока УВ в морскую среду. Однако именно они наносят наибольший ущерб морской среде, особенно в прибрежной зоне. К опасным источникам загрязнения относятся также транспортировка нефти, при этом наибольшие потери нефти (более 40%) возникают при авариях нефтеналивных танкеров, тогда как

Утечки нефти при буровых и промысловых работах на платформах считаются минимальными (менее 1%). При бурении и эксплуатации скважин загрязнение морской среды не превышает 0.2%. При разведке и добыче углеводородного сырья основными видами загрязнения становятся аварийные выбросы буровых и тампонажных растворов, самих нефтепродуктов, несанкционированный сброс пластовых вод, шлам и случайные мелкие утечки. Взмучивание донного осадка и замутнение воды при бурении скважин так же является загрязнением среды, но носит кратковременный характер. В тоже время анализ аварийных разливов показал, что наибольшее количество нефти поступило при авариях на морских нефтяных платформах в Мексиканском заливе, вблизи Северо-Восточного побережья США и в Северном море.

Наши исследования донных осадков на двух полигонах в районе Штокманского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море (лето 2010 г., 56 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»), установили аномалии в распределении УВ – увеличение их концентраций с глубиной захоронения и в составе $C_{орг}$. В слое 0–1 см их содержание составило в среднем – 15 мкг/г, а в слое 19–23 см в среднем 44 мкг/г. Состав алканов указывал на смешанный генезис УВ: автохтонный – в низкомолекулярной области и нефтяной в высокомолекулярной, что необычно для морских донных осадков; в составе которых обычно доминируют аллохтонные гомологи. Суммарные концентрации ПАУ в донных осадках в акватории Штокманского месторождения изменялись в интервале 55–402 нг/г, то есть донные осадки слабо загрязнены полиаренами, так как сумма 3-6 кольчатых гомологов в основном < 100 нг/г. Доминируют легкие полиарены. Молекулярные маркеры указывали на незначительное поступление аренов от загрязнения донных осадков нефтепродуктами. В качестве основного источника рассматривается просачивание УВ из

осадочной толщи и их трансформация в поверхностном слое донных осадков. В связи с тем, что Штокманское месторождение – газоконденсатное, здесь просачиваются в основном низкомолекулярные полиарены.

В Северном Каспии летом 2014 г. в грубодисперсных осадках лицензионного участка «Северный» установлена большая изменчивость в концентрациях УВ как в пересчете на сухую массу (3-468 мкг/г), так в составе $C_{орг}$ (0.13-35.2%), что значительно превосходит величины (20-178 мкг/г, осень 2013 г., 0.13-0.18% в составе $C_{орг}$), определенные в глубоководных тонкодисперсных осадках впадин Среднего и Южного Каспия. Алканы в осадках акватории участка «Северный» состояли из трансформированных автохтонных и нефтяных УВ, в то время как в районе каспийских впадин преобладали терригенные гомологи.

Проведенные нами исследования в Восточной Балтике в акватории Кравцовского месторождения (платформа Д-6, 2008-2014 гг.), установили значительную изменчивость в концентрациях УВ в толще воды и в донных осадках от года к году. Характер распределения УВ в воде не всегда совпадал с распределением взвеси и с $C_{орг}$ во взвеси, что обусловлено поступлений антропогенных УВ с берега. Возле платформы Д-6 некоторое увеличение концентраций УВ (30 мкг/л), не превышающих ПДК для нефтяных УВ (50 мкг/л), связано с ростом содержания самой взвеси из-за обрастания платформы при ее эксплуатации. Согласно данным сканирующего электронного микроскопа, в прибрежных районах в составе взвеси преобладали минеральные частицы и сферы сгорания, а в районе платформы Д-6 – водоросли и бактерии, наличие которых обусловлено обрастанием платформы. В толще воды в процессе седиментации на фоне уменьшения содержания УВ в отдельных случаях происходило их увеличение в составе взвеси и взвешенного $C_{орг}$.

В мелкозернистых песчанистых донных осадках в районе платформы Д-6 среднее содержание УВ в период исследования изменялось в среднем (мкг/г): 128 (2008 г.) > 16 (2009 г.) < 22 (2010 г.) > 5 (2011 г.) = 5 (2012 г.) = 5 (2013 г.) ≈ 5 (2014). Следовательно, произошло резкое снижение концентраций УВ с 2008 к 2009 г., а затем их содержание менялось мало, и с 2011 г. осталось практически неизменным. В 2008 в составе $C_{орг}$ доля УВ достигала 83%, то есть ОВ осадков состояло практически из УВ. На этой станции в коричневатом мелкозернистом песке были отмечены черные включения. Состав УВ указывал на их нефтяное происхождение, и только в 2013-2014 гг. в составе алканов доминировали терригенные гомологи. Несмотря на отсутствие нефтяных разливов в 2008 г. на побережье этого района после сильных штормов были отмечены нефтяные комки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в акватории месторождений отмечается большая изменчивость в концентрациях УВ, а в их составе обнаружены трансформированные нефтяные алканы, что нетипично для УВ осадков. При эксплуатации месторождений соблюдается принцип «нулевого сброса», который означает запрещение всех сбросов с платформ в море и транспортировку отходов на берег для утилизации. Поэтому в качестве основного источника УВ в нефтегазоносных районах, несмотря на их высокие концентрации, рассматривается их природное просачивание из осадочной толщи. Известно, что в акваториях, где возможны потоки нефти со дна, скорость их просачивания сильно меняется во времени и пространстве. Возможно, с этим связана изменчивость концентраций УВ в осадках от года к году. В зависимости от условий в нефтегазоносных горизонтах и геологических структурах под морским дном сипы могут активизироваться, на время прекращать свою активность, либо вовсе исчезать, как это произошло в осадках в районе платформы Д-6. Таким образом, уменьшение или увеличение концентраций УВ в донных осадках в районе месторождений могут быть обусловлены природными геохимическими процессами, а не результатом эксплуатации месторождений, и природный углеводородный фон в районах месторождений может быть выше, чем для других районов.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ И КАЧЕСТВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ТЕХНОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Опекунов А.Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
a_orekunov@mail.ru*

The article presents the analysis of methods for assessing the pollution and sediment quality while carrying out of geoenvironmental research and monitoring of water bodies. Prospects for the development of this direction are considered.

Известно, что нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для донных отложений в нашей стране не установлены. Это обусловлено тем, что осадки в отличие от других природных компонентов (воздух, вода, биоресурсы), не оказывают прямого влияния на человека. Однако загрязнение донных отложений приводит к ухудшению качества воды (через вторичное загрязнение), угнетению или гибели биоты (в первую очередь, бентоса и рыб-бентофагов) и деградации водных экосистем в целом. Отсутствие нормативов объясняет многообразие подходов, используемых при оценке состояния донных отложений [1, 3, 7].

В экологическом нормировании понятия загрязнение и качество компонента среды часто рассматриваются как синонимы [4]. В данной работе под загрязнением понимается изменение естественных химических свойств, выходящее за пределы природных колебаний содержания химических ингредиентов. Качество – это химически благоприятные условия обитания живых организмов и макрофитов. На практике оценка состояния донных осадков, в основном ориентирована на показатели загрязнения, на основе сравнения с фоновым содержанием. Поэтому принципиальным является вопрос определения фона, в качестве которого можно принять состав современных осадков, образующихся вне зоны техногенного воздействия. Важно, чтобы сравниваемые акватории находились в близких физико-географических и геологических условиях. Другой подход – использование в качестве фона содержания химических веществ в подстилающем современные осадки «доиндустриальном» слое. Основное условие – близость сравниваемых осадков по гранулометрическому составу. На этих принципах основаны индекс загрязнения донных осадков [7], коэффициент и индекс загрязнения Л. Хокансона, индекс геоаккумуляции и др. [1]. Сюда же следует добавить аддитивный и мультипликативный показатели, взятые из поисковой геохимии и адаптированные к решению геоэкологических задач [5].

Значительно реже используют критерии, отражающие качество донных отложений, как среды обитания организмов. Выше было указано, что ПДК, устанавливающиеся на основе принципа пороговости действия, для осадков отсутствуют. Часто в качестве критерия загрязнения для отложений дна применяют ПДК загрязняющих веществ в почве. Следует подчеркнуть, что к такому сравнению нужно относиться осторожно, т. к. донные осадки и почвы – геохимически разные природные образования. Однако, с точки зрения оценки качества среды обитания живых организмов, один из четырех лимитирующих показателей вредности (ЛПВ) в почве – общесанитарный – характеризует подпороговую величину воздействия на почвенную биоту (в первую очередь, микробиоценоз). Таким образом, те ПДК веществ, для которых норматив установлен по общесанитарному ЛПВ, могут быть использованы и для оценки качества донных осадков. Это относится к подвижным формам (Mn, Cu, Ni, Pb) и валовым содержаниям (V, Mn, Pb) металлов, а также бенз/а/пирену. Однако перечень таких веществ весьма ограничен. Известен подход к установлению качества среды через коэффициент и индекс экологической опасности с учетом фонового содержания, биопродуктивности водоема и способности к осаждению вещества [по: 1].

В данной работе обосновывается возможность использования для осадков показателя токсичности, основанного на принципах определения класса опасности отходов в соответствии с приказом МПР России от 15.06.2001 № 511 и СП 2.1.7.1386-03. Базовой

величиной служит коэффициент степени опасности загрязняющего вещества (W_i), который определяется на основе анализа большой группы первичных показателей вещества, характеризующих его опасность. Само значение W_i по сути отражает предельно допустимую величину содержания i -го вещества. Достоинством этого метода является отсутствие необходимости определения фоновых значений и привязка к классам токсичности отходов, установленным нормативными документами РФ. Другим перспективным направлением оценки качества донных осадков можно рассматривать биотестирование [2].

Крайней степенью проявления антропогенного воздействия на водный объект является развитие техноседиментогенеза – азонального процесса современного осадкообразования, протекающего под влиянием человеческой деятельности, продуктом которого выступают техногенные илы [2, 6, 8]. В настоящее время выделены литодинамические и геохимические признаки техноседиментогенеза. К первым относятся экстремально высокие скорости осадконакопления (до 10 см и более в год), широкое развитие седиментогенных дисперсных систем. Геохимические признаки включают: перестройку состава органического вещества и соотношения макроэлементов, аномально высокие концентрации поллютантов, включая ксенобиотики, техногенное минералообразование, перестройку ассоциативности химических элементов. Важнейший признак – значительная доля подвижных форм элементов в их валовом содержании. Исходя из этого, в оценке уровня загрязнения можно использовать показатели количества и динамику изменения подвижных форм элементов в донных осадках.

Методика изучения донных осадков и обоснованность получаемых оценок зависят от уровня техногенного воздействия на водный объект. С одной стороны слабовыраженное влияние приводит к малоинтенсивным изменениям в осадконакоплении, с другой – могут развиваться процессы техноседиментогенеза. При организации отбора проб необходимо учитывать скорости осадконакопления, присущие изучаемой акватории. Так, на шельфе при низком уровне воздействия скорости составляют от 0,01 до 0,1 мм/год, т.е. верхний слой мощностью 5 см, который обычно отбирают для исследований, накапливается от 500 до 5000 лет, а в условиях техноседиментогенеза такая мощность илов формируется за несколько лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даувальтер В. А. Оценка экологического состояния поверхностных вод по результатам исследования химического состава донных осадков. Учеб. пособие. Мурманск: Изд-во МГТУК, 2006. 90 с.
2. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология. Учебное пособие. СПб: изд-во С.-Петербург. ун-та, 2012. 224 с.
3. Опекунов А.Ю., Ганул А.Г. Теория и практика экологического нормирования в России. Учебное пособие. СПб: изд-во С.-Петербург. ун-та, 2014. 332 с.
4. Опекунов А.Ю., Грацианский Е.В., Холмянский М.А. Перспективы развития экологического нормирования в Российской Федерации//Экология и промышленность России, № 6, 2000. С. 34-36.
5. Опекунов А.Ю., Леонтьева Л.В., Куприна М.С. Геохимические особенности современного осадкообразования в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал)// Вест. С.-Петербург. ун-та, 2010, сер. 7, вып. 2 (№ 15). С. 84-98.
6. Осовецкий Б. М., Меньшикова Е. А. Природно-техногенные осадки. Пермь, 2006. 208 с.
7. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М.: ИМГРЭ, 2002. 52 с.
8. Янин Е.П. Техногенные речные илы (вещественный состав, геохимические особенности, экологическая оценка)// Экологическая экспертиза, № 1, 2013. С. 2-196.

ПОДХОДЫ К ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Островская Е.В.¹, Колмыков Е.В.², Холина О.И.¹, Пронина Т.С.¹

¹ ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия
eostrovskaya@mail.ru

² ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть», Астрахань, Россия
Evgeny.Kolmykov@lukoil.org

This paper discusses various methods of the identification of hydrocarbons origin in the marine environments. The main difficulty is to discriminate between oil hydrocarbons from natural and anthropogenic sources. Various ratios and indices are used to overcome this problem. This paper provides an example for the Caspian Sea's sediments.

Проблема идентификации источников углеводородного загрязнения Каспийского моря в последнее время становится все более актуальной, принимая во внимание интенсивно развивающийся нефтегазовый комплекс региона, что находит свое отражение в растущем количестве публикаций на эту тему.

Определение содержания нефти и нефтепродуктов в природных объектах является сложной аналитической задачей, что объясняется многокомпонентностью и изменчивостью их состава [3, 4, 5]. Одна из главных трудностей интерпретации данных о нефтяном загрязнении моря, особенно в случае повышенных фоновых уровней, связана с естественным биогенным происхождением многих углеводородов (УВ), характерных для химического состава нефти, а также с естественным истечением нефти из расположенных на морском дне сипов [3, 4].

В последние годы в международном экспертном сообществе становится все более популярной процедура «отпечатка пальцев» (fingerprinting), основы которой были заложены в работах Wang et al. [8], Murphy and Morrison [6]. Как правило, для идентификации источника измеряют п-алканы, ациклические изопреноиды, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), алкилированные и серосодержащие ПАУ, биомаркеры тритерпен и стеран, а также неуглеводородные параметры, позволяющие еще более точно идентифицировать источник (например, изотопы или металлы). Для химического анализа проб используются методы газовой хроматографии с пламенной ионизацией и масс-спектрометрией [6, 8]. Успех этих количественных методов можно объяснить применением последовательной, пошаговой процедуры и набором статистических методов обработки результатов химического анализа вместо качественного сличения и субъективной интерпретации получаемых хроматограмм.

В качестве молекулярных маркеров при анализе алифатических углеводородов обычно используются следующие соотношения в спектре алканов [3, 5]: отношение концентраций пристана и фитана, индекс СР1 и т.п.

Весьма показательным для интерпретации результатов химико-аналитических исследований углеводородов и идентификации их происхождения является также различие в компонентном составе ПАУ. Для установления их происхождения рассчитываются соотношения определенных гомологов, маркирующих их состав, например, отношений концентраций фенантрена и антрацена (Ф/АН) или флуорантена и пирена (Ф/П) [3, 7].

Для выяснения происхождения ПАУ в донных осадках северо-западной части Каспийского моря, отобранных осенью 2013 г., мы провели расчеты таких маркеров. Кроме того, был проведен факторный анализ данных методом главных компонент. Результаты показали, что ПАУ осадков северо-западной части Каспийского моря имеют смешанный генезис. Три главных компоненты были выделены, их вклады соответственно составили 36.8%, 21.4% и 13.3 %, что объясняет 71.5 % от общей изменчивости. Первые две компоненты имеют наибольшие нагрузки по пирогенным ПАУ, и свидетельствуют об их поступлении от неполного сжигания ископаемого топлива и нефти, а также дизельного топлива и древесно-травяной массы [9]. Последнее, вероятно, является следствием выжигания камышовых зарослей и лесных

пожаров в дельте Волги. Третья компонента имеет значимые нагрузки по нафталину и его гомологам, что может указывать на присутствие свежего нефтяного загрязнения. Поскольку сброс отходов нефтегазодобычи на акватории Северного Каспия запрещен, источником такого загрязнения могут быть судовые разливы и грифонные образования на дне моря. Это подтверждают и данные спутникового мониторинга, который проводится на Северном Каспии в последние годы [2].

Таким образом, последовательный подход, сочетающий использование последних достижений аналитических методов определения углеводородов с применением критериев интерпретации состава углеводородов (биомаркеров, индексов, соотношений концентраций отдельных углеводородов и/или их групп и т.д.) и методов статистического анализа, привлечением данных спутникового мониторинга позволяет структурировать процедуру идентификации и с достаточной степенью точности определить происхождение углеводородов в морской среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Другов Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ, 2014. - 270 с.
2. Кузин А.В., Кучейко А.А., Колмыков Е.В., Филимонова Н.А, Антонюк А.Ю. Оперативный спутниковый мониторинг нефтяных пленок в северной части Каспийского моря// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - № 5. – С. 33-37.
3. Немировская И.А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. – М.: Научный мир. – 2013. – 432 с.
4. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем / А.М. Никаноров, – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК». – 2008. – 222 с.
5. Семенов В.В. Экоаналитическая идентификация источников загрязнений нефтяными углеводородами / В.В. Семенов, О.Ю. Бегак, М.А. Пименова, А.В. Носевич, Г.К. Ивахнюк // Разведка и охрана недр. – 2005. – № 5. – С. 57–61.
6. Murphy B.L., Morrison R. (eds.). Introduction to environmental forensics /– Elsevier. – 2007. – 719 p.
7. Volkman J. K. Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic environments / J.K. Volkman, D.G. Holdsworth, G.P. Neill, H. J. Bavor Jr. // Science of the Total Environment. – 1992. – V. 112. – P. 203–219.
8. Wang Z., Stout S.A. (eds.). Oil Spill Environmental Forensics: Fingerprinting and Source Identification / – Elsevier. – 2007. – 565 p.
9. Yunker M.B. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition / M.B. Yunker, R.W. Macdonald, R. Vingarzan, R.H. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre // Organic Geochemistry. –2002. – V. 33. – P. 489–515.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В МОРСКОЙ СРЕДЕ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Островская Е.В.¹, Самсонов Д.П.², Коршенко А.Н.³

¹ ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», г. Астрахань, Россия

eostrovskaya@mail.ru

² ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия,

samsonov@rpatyphoon.ru

³ ФГБУ «ГОИИ», 119034, г. Москва, korshenko58@mail.ru

The paper discusses levels and sources of persistent organic pollutants (POPs) in the sediments of the Northern Caspian. Three year studies conducted under the Programme of transboundary monitoring by Roshydromet in 2012-2014 showed rather low level of pollution of the sediments by POPs. Their higher concentrations were typical for coastal areas of Dagestan, where fresh entry of DDT was also revealed.

Высокотоксичные хлорорганические соединения в соответствии со Стокгольмской конвенцией относятся к стойким органическим загрязнителям (СОЗ) – веществам техногенного происхождения, которые в течение длительного времени сохраняются в окружающей среде, не подвергаясь разложению. Эти вещества являются техногенными, природных источников их не существует [1].

Анализ данных, полученных в 2012-2014 гг. в рамках «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря» Росгидромета, позволил выявить некоторые особенности источников поступления и распространения хлорорганических загрязнителей в морской среде северо-западной части Каспийского моря. В частности, наблюдалась как сезонная, так и межгодовая изменчивость содержания ХОП и ПХБ в донных осадках, что в целом присуще водным объектам с высокой динамичностью гидрометеорологических и биологических процессов, таким, как эта часть Каспийского моря. Например, в 2012 г. в осадках не были обнаружены изомеры ГХЦГ, а в 2014 г. их доля достигала на отдельных участках 45% от общей суммы ХОП. По сравнению с данными 2000-2001 гг., приведенными в [2], загрязненность СОЗ донных осадков несколько выросла, особенно это характерно для ДДТ (табл. 1).

Таблица 1 Содержание СОЗ в донных отложениях Каспийского моря

Загрязняющее вещество, мкг/кг	Северный Каспий			Каспийское море [2]			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Россия	Азербайджан	Иран	Казахстан
Сумма ПХБ	<0,03-10,8	<0,03-2,12	0,1-2,5	1,3-6,4	0,3-2,8	0,1-0,8	0,03-0,6
Сумма ХОП	<0,03-4,87	<0,03-2,04	0,1-8,7	-	-	-	-
Гексахлорбензол	<0,03-0,25	<0,03-0,3	<0,03-0,4	0,01-0,07	0,04-0,6	0,01-0,2	0,01-0,04
Сумма ДДТ	<0,03-4,72	0,11-1,74	<0,03-6,5	0,006-1,87	0,56-13,4	0,06-3,9	0,01-1,9
Сумма ГХЦГ	<0,05	<0,05-0,21	<0,05-1,8	0,099-0,81	0,2-3,5	0,03-0,6	0,01-0,3

Наибольшие величины концентраций ПХБ в 2012-2014 гг. были характерны для Среднего Каспия, что связано с накоплением их в тонкозернистых осадках.

Из группы пестицидов практически повсеместно в исследуемом районе в 2012-2014 гг. встречался гексахлорбензол, максимум концентраций которого отмечался в осадках прибрежной зоны. ДДТ, ГХЦГ и их метаболиты также обнаруживались, в основном, в осадках прибрежной акватории, куда они, скорее всего, поступают с поверхностным стоком или атмосферным переносом. Концентрации других ХОП, как правило, не превышали уровня обнаружения аналитического метода.

Основными компонентами загрязнения пестицидами донных отложений этого района остаются ДДТ и его метаболиты. Из таблицы 2 видно, что на отдельных станциях доля пестицидов этой группы достигала 100% в течение всего исследуемого периода. При этом в составе суммарного количества пестицидов этой группы немалую долю составлял собственно ДДТ – в 2012 г. и 2014 г. до 100%, что является признаком возможного свежего поступления этого пестицида на акваторию, несмотря на существующий запрет его использования в сельском хозяйстве. Отношение концентраций ДДТ и ДДЕ исследователями рассматривается как полезный индикатор того, является ли загрязнение этим пестицидом свежим или нет. Если отношение ДДТ/ДДЕ больше 0,33, то такое загрязнение считается свежим [2]. На некоторых станциях отбора проб в 2012-2014 гг. величины этого соотношения существенно превышают 0,33, что свидетельствует о недавнем притоке ДДТ на акваторию северо-западной части Каспийского моря (табл. 2). Наибольшие величины этого индикатора были характерны для прибрежной зоны Среднего Каспия.

Таблица 2 Содержание СОЗ в донных отложениях РСНП

Загрязняющее вещество	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Гексахлорбензол (% от суммы ХОП)	0 - 100	0 – 26,9	4,6 - 100
Сумма ГХЦГ (% от суммы ХОП)	0	0 - 14,9	0 - 45
Сумма ДДТ (% от суммы ХОП)	0 – 100	0 - 100	0 - 100
n,n -ДДТ (% от суммы ДДТ)	0 - 100	0 - 59,3	0 - 100
ДДТ/ДДЕ	0 - 6,0	0 - 3,94	0 - 5,5

1. Донные осадки северо-западной части Каспийского моря в целом слабо загрязнены СОЗ, хотя отмечаются локальные зоны повышенного загрязнения, особенно характерные для Дагестанского побережья.

2. Содержание СОЗ в осадках остается примерно на том же уровне, что и во время проведения международной экспедиции Каспийской экологической программы в 2000-2001 гг. [2], таким образом, подтверждая их высокую устойчивость в окружающей среде и наличие локальных источников загрязнения. Исключение составляют изомеры хлордана, альдрин и дильдрин, концентрации которых в 2012-2014 гг. не превышали аналитического нуля. В прибрежной зоне отмечается свежее поступление ДДТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М., БИНОМ, 2004. 323 с.
2. Mora de S., Villeneuve J.-P., Sheikholislami M.R., Cattini C., Tolosa I. Organochlorinated compounds in Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 48: 30-43.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ О СОСТОЯНИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРЕЙ

Павлова М.В.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия,
may033@yandex.ru*

Information resources of the environmental condition are an important part for the analysis and assessment of the ecological condition of the sea.

Формирование и использование информационных ресурсов – одна из ключевых проблем создания единого экологического информационного пространства.

Информационные ресурсы о состоянии окружающей среды в Российской Федерации формируются в результате деятельности органов государственной власти, государственных и негосударственных предприятий и организаций. Они включают информацию, знания, а также лингвистические средства, применяемые для описания конкретной предметной области и для доступа к информации и знаниям.

В процессе формирования и использования информационных ресурсов осуществляются сбор, обработка, хранение, поиск и выдача информации о состоянии окружающей среды по запросам или регламенту.

Государственная политика в сфере формирования информационных ресурсов и информатизации направлена на создание условий для эффективного и качественного информационного обеспечения решения оперативных задач социально-экономического развития.

Информационные ресурсы для оценки экологического состояния морей в Российской Федерации включают в себя документы Единого государственного фонда данных о состоянии окружающей среды, ее загрязнении, ежегодные Государственные доклады о состоянии окружающей среды и природных ресурсов, составляемые Министерством природных ресурсов и экологии РФ, другими ведомствами, в задачу которых входит сбор, хранение и обработка информации об экологическом состоянии морей.

Анализ информации, размещенной на сайтах Министерства природных ресурсов и других ведомств и организаций, так или иначе имеющих отношение к оценке состояния окружающей среды, выявил информационные ресурсы, которые могут быть использованы для оценки экологического состояния морей. В основном это ежегодные аналитические обзоры и отчеты, дающие общую экологическую оценку состояния морей, сделанную на основании сведений, получаемых от организаций, занимающимися сбором, хранением и анализом первичной информации с использованием различных показателей состояния морей: гидрохимических, гидрологических, биологических и пр. Наиболее полная информация об экологическом состоянии морей представлена в:

1. Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации»
2. Государственном докладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации»
3. Обзоре состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации
4. Ежегодниках качества морских вод по гидрохимическим показателям.

Эти документы подготавливаются Министерством природных ресурсов и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу на основании п.10 ст. 63.2 Закона об охране окружающей среды. Остальные информационные ресурсы либо служат базой для вышеперечисленных, либо дополняют их общими характеристиками для региона, в котором расположено то или иное море.

В зависимости от ведомственной принадлежности информационные ресурсы можно разделить на ресурсы Министерства природных ресурсов РФ, Федеральной службы по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федерального агентства водных ресурсов, Федерального агентства по недропользованию, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федерального агентства по рыболовству, Федеральной службы государственной статистики, а также органов исполнительной власти субъектов РФ в компетенцию которых входит контроль и надзор за состоянием окружающей среды.

Все документы вышеперечисленных ресурсов представляют собой либо обобщенные аналитические обзоры по многолетним данным, либо ежегодные обзоры.

Работы последних десятилетий по улучшению информационного обеспечения органов государственной власти и управления сосредоточивались главным образом на создании технических средств, соответствующих автоматизированных систем и сетей, предназначенных для передачи и обработки информации. Однако, несмотря на определенное продвижение работ по автоматизации информационных процессов, нужной специалистам и гражданам информации по-прежнему остро не хватает.

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ И АНСАМБЛЕВАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Петреченкова В.Г.

ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия
kaspmniz@mail.ru

The paper presents the ensemble method for assessment of the marine environment pollution. It combines multiparametric assesment and uses maximum permissible concentration (MPC), background concentration and maximum permissible load (MPL) as criteria, and concentrations of all pollutants with established MPSs as parameters. This approach allows for combining integral and differentiated assessments of the environmental pollution.

Инженерно-экологические изыскания выполняются для экологического обоснования строительства с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения. В России инженерно-экологические изыскания ведутся на основании свода правил «Инженерно-экологические изыскания для строительства» (СП 11-102-97) и свода правил «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (СП 47.13330.2012). Комплексная оценка загрязненности морских вод в составе инженерно-экологических изысканий обычно проводится с использованием давно устаревших «Методических рекомендаций по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (Москва, Госкомгидромет, 1988).

Мы предлагаем при проведении инженерно-экологических изысканий использовать новый многокритериальный и многопараметрический метод. Такую объединенную многокритериальную и многопараметрическую оценку загрязнения предложено назвать *ансамблевой оценкой*, так как она представляет собой единый комплекс (ансамбль) из трех оценок: оценки качества (критерий C_1); оценки аккумуляции (критерий F); оценки нагрузки (критерий C_p).

Технология ансамблевой оценки (E) включает несколько этапов. На первом этапе рассчитывается численное значение оценки для каждой из точек пространственного ряда, полученного в результате квази синхронной съемки акватории. Численное значение оценки качества (E_i), критерием которой является предельно допустимая концентрация (C_1) рассчитывается по формуле:

$$E_{ii} = P_i/C_1, \quad (1)$$

где P_i – концентрация загрязняющего вещества i в данной точке пространственного ряда.

Численное значение оценки аккумуляции (E_f), критерием которой является фоновая концентрация (F) рассчитывается по формуле:

$$E_{fi} = P_i/F \quad (2)$$

Численное значение оценки нагрузки (E_p), критерием которой является предельно допустимая нагрузка (C_p) рассчитывается по формуле:

$$E_{pi} = P_i - F/C_p \quad (3)$$

На следующем этапе рассчитывается средняя по акватории (пространственному ряду) оценка загрязнения для каждого загрязняющего вещества i . При этом оценка загрязнения рассчитывается как среднее арифметическое ряда E_{li} , оценка аккумуляции – как среднее арифметическое ряда E_{fi} , оценка нагрузки – как среднее арифметическое ряда E_{pi} .

Для того, чтобы оценки (E_{ji}), полученные с использованием различных критериев (j), были сопоставимы друг с другом, они переводятся в баллы с помощью единой шкалы, приведенной в таблице 1 (перевод в баллы необходим для того, чтобы оценки по различным критериям были сопоставимы друг с другом).

Следующей операцией является расчет однопараметрической многокритериальной оценки загрязнения (E_{ki}) каждым из загрязняющих веществ i в отдельности, в ходе которого различные оценки (качества, аккумуляции и нагрузки), выраженные в баллах, складываются и делятся на число использованных критериев, равное трем. На завершающей стадии однопараметрические многокритериальные оценки E_{ki} преобразуются путем усреднения в многопараметрическую многокритериальную (или ансамблевую) оценку. Результаты расчетов используются для классификации и описания загрязнения морских акваторий в соответствии с таблицей 2.

Таблица 1 Единая шкала для перевода средних численных значений однокритериальных оценок (E_{ji}) в баллы

Оценка в баллах	Оценка качества, E_{li}	Оценка аккумуляции, E_{fi}	Оценка нагрузки E_{pi}	
			При $C_l > F$	При $C_l < F$
0	$E_{li} \leq 1,0$	$E_{fi} \leq 2,0$	$E_{pi} \leq 0$	$E_{pi} \geq 1,0$
1	$1,0 < E_{li} \leq 2,0$	$2,0 < E_{fi} \leq 3,0$	$0 < E_{pi} \leq 1,0$	$0 \leq E_{pi} < 1,0$
2	$2,0 < E_{li} \leq 3,0$	$3,0 < E_{fi} \leq 4,0$	$1,0 < E_{pi} \leq 2,0$	$-1,0 \leq E_{pi} < 0$
3	$3,0 < E_{li} \leq 5,0$	$4,0 < E_{fi} \leq 5,0$	$2,0 < E_{pi} \leq 3,0$	$-2,0 \leq E_{pi} < -1,0$
4	$E_{li} > 5,0$	$E_{fi} > 5,0$	$E_{pi} > 3,0$	$E_{pi} < -2,0$

Таблица 2 Классификация загрязнения морских акваторий в соответствии с ансамблевой оценкой

Класс загрязнения	Вербальная оценка	Численная оценка
Первый	Чистая	менее и равно 0,50
Второй	Умеренно загрязненная	от 0,51 до 1,50
Третий	Загрязненная	от 1,51 до 2,50
Четвертый	Грязная	от 2,51 до 3,50
Пятый	Очень грязная	более и равно 3,51

Для апробации данного метода использовались данные, полученные в ходе исследований различных районов Каспийского моря. К настоящему времени нами накоплен большой опыт по использованию ансамблевого метода для оценки загрязнения морской

среды. Он показывает, что отличием и преимуществом данного метода является совмещение интегрального и дифференциального подходов к оценке загрязнения морской среды, первый из которых характеризует суммарное загрязнение, а второй – роль отдельных факторов, в т.ч. внешних и местных источников, тех или иных загрязняющих веществ и т.д.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА КАСПИЙСКОГО МОРЯ ПОД ЭГИДОЙ ТЕГЕРАНСКОЙ КОНВЕНЦИИ

Постнов А.А.

ГОИИ, Москва, Россия, apostnov@mail.ru

The paper discusses the perspectives of the regional monitoring system in the Caspian Sea under the auspices of the Tehran Convention.

Статья 19 Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря предусматривает, что Договаривающиеся Стороны, в частности, «прилагают усилия для создания и осуществления соответствующих самостоятельных и/или совместных программ мониторинга состояния морской среды Каспийского моря» и «регулярно самостоятельно и/или совместно проводят оценку состояния морской среды Каспийского моря и эффективности мер, принимаемых для предотвращения, снижения и контроля загрязнения морской среды Каспийского моря».

Стратегическая программа действий Конвенции, принятая на 2-ой Конференции сторон (КС-2) в качестве всеобъемлющей повестки дня на 10 лет и основы для осуществления Конвенции и ее будущих протоколов, подтверждает обязательство прикаспийских государств об «обеспечении регионального сотрудничества при разработке и выполнении гармонизированных региональных программ мониторинга загрязняющих веществ, а также правил и стандартов, рекомендуемых практик и процедур, в соответствии с Тегеранской конвенцией.». С этой целью предусматривалось создание унифицированной, комплексной и доступной Программы мониторинга окружающей среды Каспия (ПМОС).

При этом ПМОС должна позволять оценивать качество и тенденции в состоянии морской среды Каспийского моря с целью коллективной выработки политики и принятия решений, связанных с осуществлением Конвенции и Протоколов к ней, принимая во внимание и опираясь на имеющиеся национальные структуры и институты по мониторингу и внедрение дистанционного зондирования, которые, в совокупности, и должны создать основу региональной системы мониторинга Каспийского моря под эгидой Тегеранской конвенции.

Проект ПМОС был разработан в рамках проекта КАСПЭКО в 2009-2012г. и был в целом одобрен КС-4 (Москва, декабрь 2012г.). Основные принципы, на которых базируется ПМОС, таковы:

- гибкий, модульный подход;
- максимальное использование существующих национальных программ мониторинга и региональных программ и структур, связанных с окружающей средой, таких как КАСПАС и КАСПКОМ;
- использование схем многолетних измерений показателей качества воды, включая эвтрофикацию;
- включение в список контролируемых параметров анализа донных отложений и биоты, по ограниченному перечню загрязняющих веществ (ключевые загрязнители);
- оказание содействия научно-исследовательским проектам и пилотным исследованиям для будущего расширения набора исследуемых сред и параметров;
- поэтапная реализация, а именно:
 - фаза 1: основное внимание уделяется существующим программам национального мониторинга и наращиванию их возможностей, схемам управления качеством, развитию

региональной базы данных и проведению некоторых научно-исследовательских проектов с целью последующего расширения.

- фаза 2: проведение полевых исследований, в особенности с целью идентификации «горячих точек» загрязнения, расширение набора контролируемых загрязняющих веществ, биологических параметров и новым сферам применения программы мониторинга окружающей среды и техники.

- фаза 3: оценка эффективности возможных действий по восстановлению и смягчению последствий, а также мониторинг долговременных тенденций.

В целях содействия реализации ПМОС в июне 2015г. была создана Рабочая группа Секретариата Тегеранской конвенции по мониторингу и оценке, в которую вошли представители всех прикаспийских государств. Важнейшими задачами группы станут методическое руководство реализацией ПМОС, а также разработка региональных стандартов качества морских вод, принципов обмена данными мониторинга и другой экологической информацией между прикаспийскими странами и содействие в подготовке периодической оценки состояния и загрязнения Каспийского моря, которая, в первую очередь, должна основываться на данных ПМОС и национальных систем мониторинга, а также результатах научно-исследовательских проектов (для параметров, не входящих в ПМОС). Первое заседание рабочей группы предварительно назначено на 20-22 января 2016 г.

РАСЧЕТ БАЛАНСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И ДАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Рахимбирдиев Н.М., Суслов А.В.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Россия, Астрахань,
kaspmniz@mail.ru*

Balance of pollutants in the area of Korchagin oil reserve in the Northern Caspian is calculated with the use of operational hydrodynamic model and data from industrial environmental monitoring. The results show that outflow of the most of pollutants was observed in the layers of 0-10 m, while deeper (up to 20 m) their inflow was revealed.

Применение балансового подхода к оценке загрязнения природных вод имеет достаточное количество теоретических предпосылок [1]. Безусловно, он является одним из перспективных в морских экологических исследованиях. Именно балансовые расчеты позволяет выявить «судьбу» отдельного загрязняющего вещества в конкретной экосистеме, а, значит, пролить свет на особенности функционирования ее защитных механизмов.

Последний факт особенно актуален для экосистемы Северного Каспия, которая, с одной стороны, является своего рода «мишенью» для бурно развивающегося нефтегазового комплекса, а с другой – представляет собой зону транзита загрязняющих веществ, поступающих со стоком р. Волга [2]. Однако на практике применение балансового метода часто бывает сопряжено с рядом трудностей, отчасти связанных с необходимостью использования в расчетах модельных данных. Между тем для акватории Северного Каспия они могут быть получены путем адаптации гидродинамической модели Каспийского моря к расчетам водообмена и баланса загрязняющих веществ.

В настоящее время в Гидрометцентре РФ используется две оперативные гидродинамические модели Каспийского моря. Первая, с разрешением 3х3 морские мили, применяется ежедневно для расчетов гидрологических параметров в зависимости от меняющихся метеорологических условий, тогда как вторая, высокого разрешения(1х1)– проходит опытные испытания. Потенциальная возможность использования последней

модели для экологических исследований послужила толчком для выполнения настоящей работы.

Целью наших исследований явился расчет баланса загрязняющих веществ на лицензионном участке «Северный» с использованием гидродинамической модели Каспийского моря и данных производственного экологического мониторинга.

Технологический цикл расчета баланса загрязняющих веществ (ЗВ) на лицензионном участке, опирающийся на данные гидродинамической модели и экологического мониторинга, был разработан в КаспМНИЦ совместно с Гидрометцентром РФ в 2015 году. Адаптация модели высокого разрешения к диагностическим расчетам водообмена на лицензионном участке «Северный» ОАО «ЛУКОЙЛ» была выполнена в компании «Инфомар». В ходе расчетов в качестве границ использовался четырехугольный участок, в пределах которого расположены объекты обустройства месторождения им. Ю. Корчагина, разбитый на 18 контрольных секторов.

Расчет водообмена, предваряющий оценку баланса ЗВ, выполнялся для периода с 00 час. мск 17 октября по 21 час. мск 20 октября 2014 год с использованием гидродинамической модели Каспийского моря высокого разрешения. В указанный период рассматриваемом участке проводились экспедиционные работы в рамках производственного экологического мониторинга. Базовыми результатами расчета явились скорость и направление течения, а также компоненты X и Y скорости течения, рассчитанные для каждой ячейки модели (1852 x 1852 x 5), расположенной на границе участка, с временной дискретностью 1 час.

Расходы воды за пределы и внутрь участка (путем суммирования однонаправленных расходов по каждой ячейке) рассчитывались для каждого контрольного сектора, срока и слоя воды. В дальнейшем они использовались для расчета водообмена, который характеризовался четырьмя показателями, выраженными в км³: притоком воды (b); оттоком воды (c); суммарным водообменом ($a = b + c$); результирующим водообменом ($d = b - c$).

Данные показатели применялись для расчета переноса (баланса) ЗВ в районе расположения объектов обустройства месторождения им. Ю. Корчагина, опирающегося на данные производственного экологического мониторинга. Оценка баланса ЗВ производилась в отношении нефтепродуктов, тяжелых металлов (меди, свинца, кадмия, ртути, железа, марганца, цинка и никеля) и суммы ПАУ. Его величина определялась путем умножения показателей водообмена (км³) на среднюю концентрацию ЗВ (тонн/км³ или кг/км³). Перенос ЗВ так же, как водообмен, характеризовался четырьмя параметрами: суммарным переносом, притоком, оттоком ЗВ и результирующим переносом (сальдо).

По результатам расчетов суммарный водообмен в период 17-20 октября 2014 года (за 69 часов) составил 52,7 км³, результирующий – 0,05 км³ (было вынесено 26,32 км³ воды, а привнесено в него 26,37 км³). При этом параметры водообмена испытывали как горизонтальную, так и вертикальную изменчивость. Так, в слое 0-20 м через юго-восточную границу участка наблюдался приток, а через северо-западную – отток воды. Величина результирующего водообмена в слоях 0-5 и 5-10 м принимала отрицательные значения (отток превышал приток), а в слоях 10-15 и 15-20 м – положительные (приток превышал отток).

Согласно расчетам баланса ЗВ в районе месторождения им. Корчагина, в слое 0-20 м значение сальдо для большинства ЗВ было отрицательным и составляло менее 1% от величины суммарного переноса. Величина результирующего переноса нефтепродуктов (3,1 тонн), цинка (0,15 тонн) и кобальта (64,8 кг) была положительной, но также составляла 0,1-1,4% суммарного переноса. Приток ЗВ в слое 0-20 м превышал отток в северо-восточной, южной и юго-восточной частях рассматриваемого района. При этом в слоях 0-5 и 5-10 м величина сальдо была положительной преимущественно в северо-восточной части, а в слоях 10-15 и 15-20 м – в южной. Различия в характере изменчивости балансовых характеристик по слоям для всех ЗВ носили сходный характер (в слоях 0-5 и 5-10 м отмечался отток ЗВ, а в слоях 10-15 и 15-20 – приток) и, следовательно, определялись особенностями водообмена.

Считаем, что новый подход, основанный на модифицированной технологии расчета водообмена и переноса загрязняющих веществ, хорошо зарекомендовал себя и позволит в дальнейшем дать оценку балансов и потоков загрязняющих веществ, проходящих через различные участки акватории Каспийского моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Израэль Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В.Цыбань// М.: Флинта Наука, 2009 - 520 с.
2. Экологическая политика ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море, т. 2; Охрана окружающей среды при поиске, разведке и добыче углеводородного сырья в северной части Каспийского моря / отв. ред. С.К. Монахов – Астрахань, 2003. – 256 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО ВЫНОСА НЕФТЕПРОДУКТОВ ЧЕРЕЗ УСТЬЕ РЕКИ ЛЕНА

Решетняк О.С.

¹ФГБУ «Гидрохимический институт» Росгидромета, Ростов-на-Дону, Россия
olgare1@mail.ru

The article describes the oil products variability in the Lena River mouth area. It shows a tendency to reduce their content to the river mouth. The calculated values of average annual oil products removal either do not exceed the maximum permissible values or exceed 1.5-3.0 times that there is a threat of pollution of Laptev Sea coastal waters. Obtained results can be used to assess the influence of the river flow on the state and pollution of coastal waters.

Устьевые экосистемы рек представляют собой «промежуточные» и весьма специфические природные системы, где взаимодействуют, смешиваются и трансформируются два принципиально различных по многим параметрам водных потока (речной и морской). Устья рек являются своеобразным геохимическим барьером между рекой и приемным водоемом [3]. В устьевых областях рек формируются специфические гидролого-экологические условия, превращающие их в уникальные географические объекты с огромным природным потенциалом – земельным, водным, биологическим. Устьевые экосистемы играют важную экологическую роль глобального масштаба.

Крупные реки собирают растворенные и взвешенные вещества с огромных водосборных территорий и транспортируют их вниз по течению реки. Поэтому наиболее сильное воздействие испытывают устьевые области рек за счет антропогенных изменений речного стока воды, наносов, растворенных химических веществ и т.д. При этом происходит трансформация компонентного состава воды, возрастание антропогенной нагрузки, ухудшение качества воды и состояния устьевых экосистем в целом [2-6].

Выполняя роль геохимических барьеров, устьевые экосистемы аккумулируют большую часть поступающих с речным стоком химических веществ, в том числе загрязняющих. Поэтому исследования по оценке возможного выноса загрязняющих веществ через устья крупных рек особенно актуальны при оценке влияния речного стока на состояние и загрязнение прибрежных морских акваторий.

Устьевая область реки Лена – одна из крупнейших устьевых экосистем. Хорошо развитая дельта реки является мощным аккумулятором загрязняющих веществ, в том числе и нефтепродуктов. Как отмечалось ранее [4], наибольшую опасность для устьевой экосистемы р.Лена представляет загрязнение водной среды и донных отложений нефтепродуктами за счет развитого судоходства и маломерного флота.

Содержание нефтепродуктов в водной среде устьевой области Лены значительно изменяется в течении года: наименьшие концентрации характерны в период устойчивого

ледостава (до 0,02 мг/дм³), а максимальные – на подъеме весеннего половодья (до 0,16 мг/дм³ и выше). В период весеннего половодья нефтепродукты смываются поверхностным стоком с водосборной территории в русло реки, поступают с вышележащих участков реки с речным стоком и смываются с затопляемых территорий во время пика половодья [1].

Изменчивость содержания нефтепродуктов водной среде устьевой области реки Лена за многолетний период показана в таблице 1. Анализируя представленные данные, можно отметить, что концентрации нефтепродуктов в водной среде уменьшаются от замыкающего створа к устью реки. Это характерно и для общего диапазона концентраций, и модального интервала, а также по среднемуголетнему значению концентрации. Тенденция уменьшения содержания нефтепродуктов в вершине дельты будет способствовать снижению объемов выноса их в прибрежные акватории моря Лаптевых.

По данным, представленным в работе [4], среднемуголетний (1980-2007 гг.) водный сток реки в пункте наблюдений у с.Кюсюр составляет 536,6 км³, в вершине дельты – 507 км³. Диапазон колебания объемов выноса нефтепродуктов составил (2,54-102) тыс.т. на замыкающем створе реки и (17,3-72,4) тыс.т в вершине дельты у полярной станции Хабарова. При этом среднемуголетний вынос нефтепродуктов за тот же период исследования составил 40,5 и 38,5 тыс. т, соответственно. Эти значения объемов притока (выноса) нефтепродуктов либо не превышают предельно допустимые их значения, рассчитанные по среднемуголетнему водному стоку и ПДК, либо превышают в 1,5-3,0 раза [4].

Таблица 1 Статистические характеристики содержания в водной среде устьевой экосистемы р. Лена нефтепродуктов за многолетний период (2000-2012 гг.)

Пункт наблюдений	N	Диапазон концентраций, мг/дм ³	Среднемуголетняя концентрация, мг/дм ³	σ	Cv, %
Замыкающий створ – с. Кюсюр, 211 км от устья	158	<u>0,03-0,31*</u> 0,03-0,07 (64,6)**	0,08±0,004	0,049	62,4
Вершина дельты – п.ст. Хабарова, 4,7 км от устья	376	<u>н.о.-0,22</u> 0,04-0,06 (50,5)**	0,07±0,002	0,032	47,7
Примечания: *в числителе общий диапазон значений концентраций, в знаменателе - модальный; ** в скобках частость, %; н.о. – ниже предела обнаружения.					

Используя данные таблицы 1 можно оценить возможный среднемуголетний вынос нефтепродуктов за последние годы в прибрежные акватории моря Лаптевых, который составил в пункте наблюдений у с. Кюсюр (42,9±2,1) тыс.т, в вершине дельты – (35,5±1,0) тыс.т. Сравнивая полученные данные с ранее опубликованными, можно отметить снижение выноса нефтепродуктов с речным стоком через устье реки Лена и такие значения среднемуголетнего выноса не представляют угрозу загрязнения прибрежных акваторий моря Лаптевых.

Полученные результаты имеют принципиально важное значение для оценки возможного выноса нефтепродуктов в арктические моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов М.М., Тарасов М.Н., Клименко О.А. Концентрация нефтепродуктов в воде предустьевой части р.Лена и вынос их в дельту // Гидрохимические материалы. Труды ГХИ, том 18. Л.: Гидрометеиздат, 1989. С. 41-50.

2. Брызгалов В.А., Никаноров А.М., Решетняк О.С. Изменчивость экологического состояния речных зон устьевых экосистем крупных рек России // Вода: химия и экология, № 12. – 2013. – С.15-21.
3. Никаноров А.М., Брызгалов В.А. Реки России. Часть II. Реки Европейского Севера и Сибири. Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2010. – 296 с.
4. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Антропогенная трансформация компонентного состава водной среды устьевой области р. Лены // Водные ресурсы, 2011. – Том 38, № 2. – С. 181-192.
5. Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С., Решетняк О.С. Антропогенная трансформация структурной организации гидробиоценоза устьевой области р. Лены // Водные ресурсы, 2011. – Том 38. № 3. – С. 306-314.
6. Решетняк О.С., Никаноров А.М., Брызгалов В.А., Косменко Л.С. Антропогенная трансформация водной экосистемы Нижней Волги // Водные ресурсы, 2013. – Том 40, № 6. – С. 623-632.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВЕЛИЧИН ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД (ИЗВ) СЕВЕРНОЙ ЗОНЫ ЧЁРНОГО МОРЯ В ПЕРИОД 1989 – 2013 ГГ.

Рябинин А.И., Клименко Н.П., Боброва С.А., Мальченко Ю.А.

*Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН им.Н.Н.Зубова», Москва, Россия,
sogoin@mail.ru*

The paper presents results of analysis of spatial and temporal variability of the index of water pollution in the Northern part of the Black Sea.

Величина ИЗВ рассчитывается в соответствии с [1] по формуле:
$$ИЗВ = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{ПДК_i} \div 4$$

(для морских вод), где C_1 – концентрация трех загрязняющих веществ с наибольшими концентрациями. Для поверхностных вод учитывается пять загрязняющих веществ и с обязательным включением растворенного кислорода.

Мониторинг загрязнения вод Черного моря (северная зона), выполненный в течение 25 лет (1989 – 2013 гг.) по программе ОГСНК в десяти водных районах моря, проведен сетевыми подразделениями (Дунайской гидрометеорологической обсерваторией, Николаевским областным центром по гидрометеорологии, Одесским гидрометеорологическим центром Черного и Азовского морей, гидрометеобюро «Ильичевск», морской гидрометеорологической станцией «Ялта»), при научно-методическом руководстве СО ГОИН (позднее МО УкрНИГМИ НАН Украины), который также осуществляет мониторинг в Севастопольской бухте.

Для исследования пространственно-временной изменчивости величин ИЗВ в период 1989 – 2013 гг. был использован массив величин, представленных в 25 томах «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям» [2]. Результаты многолетней изменчивости величины ИЗВ показаны в виде диаграмм (рис. 1).

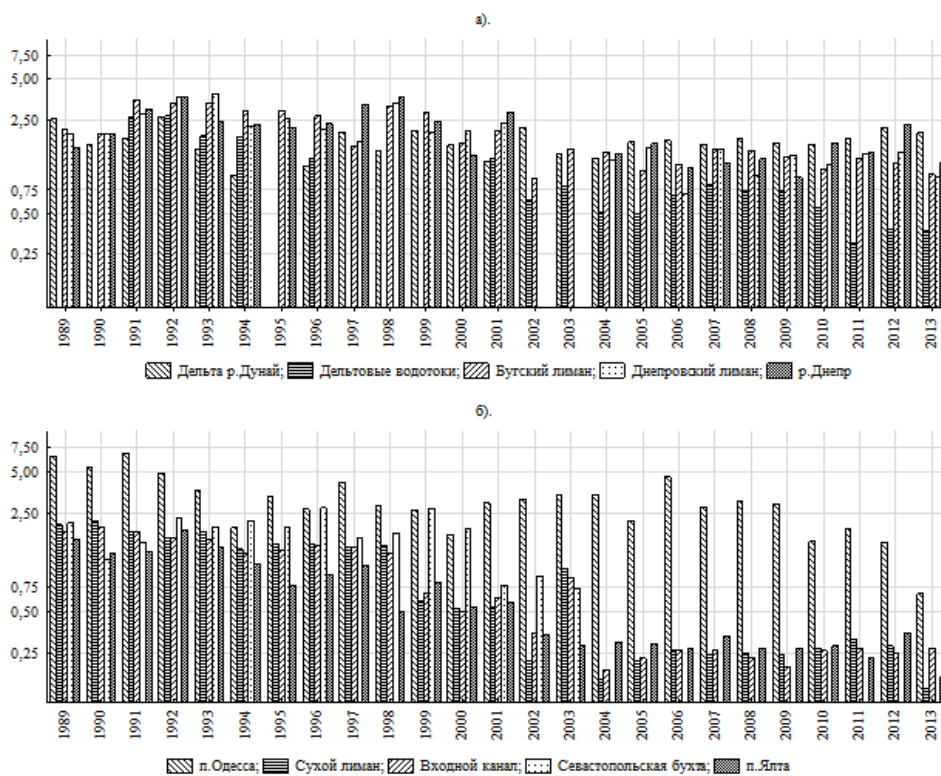


Рис. 1 Пространственно-временная изменчивость годовых величин ИЗВ в районах мониторинга в 1989 – 2013 гг.

Эти данные свидетельствуют о значительной загрязненности вод, характеризуемых величинами ИЗВ. Так, по данным мониторинга 1989 – 2013 гг. воды акватории порта Одесса в период с 1989 по 2012 гг. классифицировались как грязные и очень грязные (V – VII класс качества); воды Бугского лимана в 1989 – 2001, 2003, 2004, 2007 – 2009 и 2011 гг. – как загрязненные и грязные (V – VI класса качества), в остальной период наблюдений – как умеренно загрязненные (III класс качества); воды Днепроовского лимана только в 2004, 2008, 2010, 2013 гг. оценивались как умеренно загрязненные, а в остальные годы – как загрязненные и очень грязные (IV – VI класс качества); воды устья р. Днепр – как загрязненные (IV – V класса качества) за исключением 2006, 2007, 2009 гг. когда воды были умеренно загрязненные (III класс качества); воды морской акватории Севастопольской бухты – как загрязненные (IV – V класса качества) за исключением 1990 г., 2001 – 2003 гг. когда воды оценивались III классом качества («умеренно загрязненные»). Воды Сухого лимана и Входного канала в период с 1989 по 1998 гг. были загрязненные (IV – V класса качества), а в остальные годы были постоянно чистыми (I и II класс качества). Воды акватории порта Ялта с 1989 по 1999 гг. оценивались III – IV классом качества «умеренно загрязненные и загрязненные», а с 1990 г. были постоянно чистыми (II класс качества). Воды дельты р. Дунай с 1989 по 2013 гг., за исключением 1992 г., классифицировались как умеренно загрязненные (III класс качества), а дельтовые водотоки с 1991 по 1994, 1996 и 2001 гг. оценивались III – IV классом качества «умеренно загрязненные и загрязненные», будучи в остальные годы чистыми (II класс качества). Приоритетными нормируемыми показателями являлись НП, фенолы, СПАВ, γ -ГХЦГ, нитритный азот, аммонийный азот, хром (для дельты р. Дунай).

На рис. 2 представлены более обобщенные, по сравнению с диаграммами (рис. 1), данные об изменчивости величин ИЗВ: средние величины ИЗВ за период мониторинга и экстремальные значения этих средних величин в каждом районе.

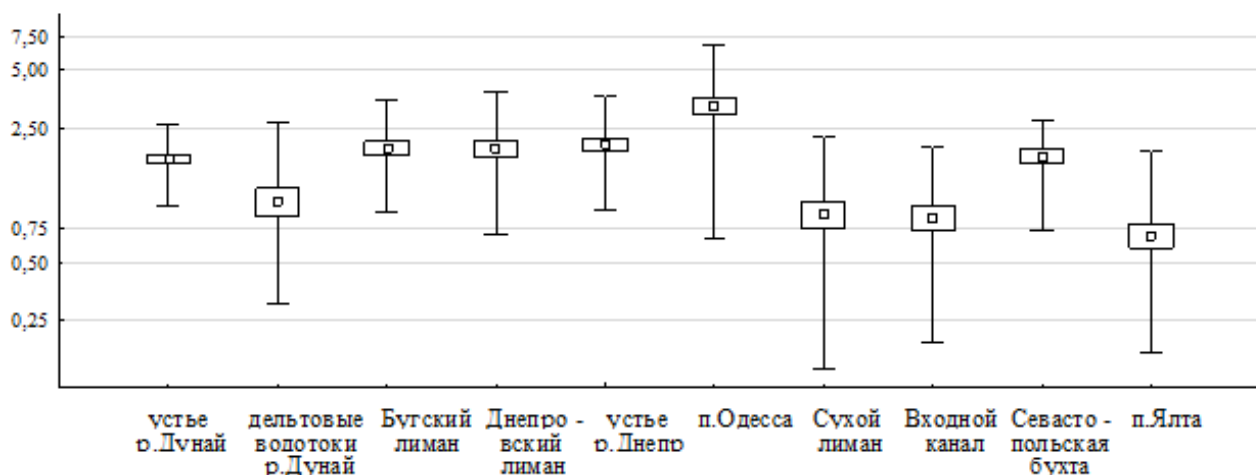


Рис. 2. Изменчивость средних величин ИЗВ в 1989 – 2013 гг.

Из этих диаграмм четко видно, что загрязнение по средним значениям ИЗВ воды четырех районов (дельтовых водотоков р. Дунай, Сухого лимана, района входного канала и очистных сооружений г. Ильичевск, п. Ялта) не превышали ИЗВ ~1, т.е. в среднем воды были чистыми по отношению к вышеупомянутым загрязняющим веществам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. Москва, ГОИН, 1988. – 9 с.
2. Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям. Черное море. – Севастополь: Гидрометфонд СО ФГБУ «ГОИН»; за 1989 – 2013 гг.

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ, ВЫЗВАННЫХ НЕПОДВИЖНЫМИ ТОЧЕЧНЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Татарников В.О., Монахов С.К.

ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия,
kaspmniz@mail.ru

The paper presents methods for identification and assessment of changes in the marine environment under the impacts of off-shore installations. Some examples for their practical applications are given.

Воздействие производственно-хозяйственных объектов (ПХО) на окружающую среду (ОС) может быть активным или пассивным. Активное воздействие заключается в привнесении в окружающую среду вещества и/или энергии. Пассивное воздействие выражается в изменениях внешних (как природных, так и техногенных) потоков вещества и/или энергии вокруг ПХО. В условиях «нулевого сброса», применяемого при освоении морских нефтегазовых месторождений в северной части Каспийского моря, преобладает пассивное воздействие.

Предполагается, что воздействие, оказываемое ПХО на морскую среду, выражается в пространственной изменчивости параметров ОС вокруг ПХО. При этом вызванная воздействием пространственная изменчивость параметров ОС вокруг ПХО ослабляется по мере удаления от объекта. Воздействие ПХО также может выражаться во временной изменчивости. Это выглядит как изменение пространственного распределения параметров ОС вокруг ПХО во время и после воздействия в сравнении с тем, что было до его наступления. Вызванная воздействием временная изменчивость параметров ОС вокруг ПХО также ослабляется по мере удаления от него. Следует отметить, что пассивное воздействие может быть выражено как в снижении, так и повышении значений того или иного параметра по мере удалении пунктов наблюдений от ПХО.

Цель наших исследований состояла в разработке методов выявления и оценки изменений морской среды, вызванных неподвижными точечными объектами. Исходя из того, что эти изменения ослабляются по мере удаления от ПХО, их выявлению и оценке должно предшествовать ранжирование данных по удаленности от точечного объекта. Ранжирование проводится как при анализе пространственной изменчивости, так и для выявления изменений временного характера, только в первом случае ранжируется натуральный пространственный ряд, а во втором случае – ряд приращений. Для оценки изменений предлагается использовать три показателя: а) значимость; б) достоверность; в) направленность.

В качестве критериев для оценки значимости изменений использовались: а) выборочное среднее значение ($X_{ср}$) натурального ряда (или ряда приращений); б) медиана (M), принимаемая за местный фон); в) центральное среднее ($C_{ср}$ - среднее из первых 5-ти значений ранжированного ряда). Кроме того, ранжированные ряды аппроксимировались линейным трендом $y=ax+b$. Для всех критериев ($X_{ср}$, M , $C_{ср}$, a) была разработаны шкалы для оценки значимости изменений (отсутствие, слабые, средние и сильные изменения).

В качестве критериев для оценки достоверности изменений использовалась стандартное отклонение натурального ряда (или ряда приращений). Для оценки достоверности линейного тренда использовалась процедура, рекомендованная математической статистикой для оценки достоверности параметров линейной регрессии.

Оценка направленности изменений проводилась в соответствии со знаком при коэффициенте b в уравнении линейного тренда, а для отдельных значений ряда (x_n) по разности между x_n и $X_{ср}$ (M , $C_{ср}$).

В докладе приведены примеры использования разработанных методов для выявления и оценки изменений морской среды вокруг объектов обустройства месторождения им. Ю.Корчагина в северной части Каспийского моря

АРСЕНАЛ СОВРЕМЕННЫХ ЗНАНИЙ ПО ЗАЩИТЕ МОРЕЙ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В РОССИИ

Титова Г.Д.

*Санкт-Петербургский государственный университет; Научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, Россия*
g.d.titova@spbu.ru

This paper considers the arsenal of modern knowledge on protection of the seas from environmental threats and the possibility of using it in Russia. This arsenal includes ecosystem and precautionary approaches in the planning of maritime activities, marine spatial planning, evaluation of marine ecosystems services.

Современный арсенал знаний по защите морей от растущих экологических угроз достаточно обширен. Более чем за 40 лет научного поиска сложилась система экосистемно-ориентированного интегрированного (комплексного) управления морской деятельностью, основные положения которой закреплены в международных правовых нормах, договорах, соглашениях и реализуются в программах защиты морей во многих странах мира.

После Конференции ООН по охране окружающей среды и развитию в Рио-де-Жанейро (1992) интегрированное управление морепользованием приобрело социо-эколого-экономическую окраску с позиций концепции устойчивого развития. К сожалению, такой подход, предусматривающий интеграцию естественных, гуманитарных и экономических знаний, до сих пор не стал общепринятой и распространенной идеологией в российском морепользовании. Не нашли законодательного отражения и экосистемные подходы управления морепользованием, закрепленные в международной правовой системе [5].

В отличие от многих стран Россия с большим временным отрывом (примерно в 10 лет) приступает к разработке программ морского пространственного планирования (МПП), которые после 2000 года применяются во многих странах мира, имеющих выход к морю. Более того, некоторые из стран не только законодательно закрепили эту форму интегрированного управления морской деятельностью, но и создали специально уполномоченные государственные органы с возложением на них соответствующих функций [6]. В России же в управлении морскими пространствами и ресурсами до сих пор доминируют ведомственные подходы. Результат такого положения – рост конфликтности и соперничества за использование дна, берегов, акваторий, местообитаний в морях [1].

В практике управления морской деятельностью в России не реализован один из основополагающих принципов устойчивого развития - принцип предосторожности. Он рекомендован к применению в случаях угрозы серьезного или необратимого ущерба вследствие недостаточной изученности экологических последствий осуществления той или иной деятельности. Подобные случаи являются доводом для отсрочки мероприятий до появления экономически и экологически эффективных мер по предупреждению негативных экологических воздействий. Суть предосторожного подхода в морепользовании заключается в том, чтобы лица, принимающие решения, если и допускали ошибки, то в пользу сохранения «здоровья» и целостности морских экосистем [4].

Реализация принципа предосторожности требует соответствующего информационного обеспечения. Причем не только по динамике индикаторов, отражающих «здоровье» экосистем, и экологическим параметрам используемых технологий морепользования (на чем сегодня концентрируется внимание), но и по стоимостным оценкам истинной величины потенциальных экономических потерь природных качеств морских экосистем. Действующие методы оценки ущерба этой информации не дают, поскольку большинство ценностей морских экосистем лежат вне зоны рыночной оценки. Поэтому для выведения множества

полезных свойств экосистем из латентного (скрытого, экстернального) для экономики характера в понятные для практиков и населения денежные категории решениями Конференции ООН в Рио-1992 был продекларирован переход к новой экономической модели защиты природы, в основе которой лежат стоимостные оценки природного капитала и услуг экосистем. К настоящему времени разработаны не только методы их оценки в применении к морям, но и результаты оценки все шире используются в управлении морепользованием [3].

Поскольку быстро растет число стран, участвующих в оценке услуг морских экосистем, в 2010 году создано Общество по услугам морских экосистем (*Marine Ecosystem Services Partnership – MESP*), представляющее собой виртуальный центр по сбору и обмену информацией по оценке услуг морских экосистем в глобальном масштабе. В его базе находится более 2 тысяч публикаций по этой теме. Главная функция общества – оказание помощи в выработке политики устойчивого управления океаническими и прибрежными экосистемами с использованием данных по результатам оценки услуг экосистем. Их общению помогает динамическая карта, позволяющая заинтересованным лицам оперативно получать информацию о названии проекта и его разработчиках, месте, времени проведения исследований, используемых методах и результатах оценки. К сожалению, Россия – белое пятно на карте MESP [7].

В настоящее время среди экономистов-экологов все большее внимание уделяется проблеме оценки экологического долга и методам капитализации его на тех же принципах, что применяются при причинении вреда основным производственным фондам. Обсуждается и необходимость отказа от высоких ставок дисконтирования в экологических проектах, т.к. они существенно искажают оценки негативного воздействия на окружающую среду в случаях, когда результаты воздействия проявятся в отдаленной перспективе. Кроме того, когда эффект от инвестиций появится в отдаленном будущем, дисконтирование снизит сегодняшнее восприятие выгод от них и станет препятствием для одобрения подобных проектов. В придачу ко всему высокие нормы дисконта стимулируют и ускоряют разработку (добычу, эксплуатацию) запасов как возобновимых, так и невозобновимых природных ресурсов, создавая угрозу их полного истощения и нерационального использования [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтоловский, Г.К., Косолапов, Н.А., Синецкий, В.П. Стратегии: импульсы к разработке// «Теория и практика морской деятельности». – М.: СОПС, 2006. – Вып. 9. – 220 с.
2. Титова, Г.Д. Механизм смягчения риска и неопределенности экологических инвестиций // Межвузовский сб. научн. трудов «Экология России на пути к инновациям». – Астрахань: Изд-во Нижневолжского экоцентра, 2014. – Вып. 10. – С. 25-29.
3. Титова, Г.Д. Оценка услуг морских экосистем как комплексная междисциплинарная проблема: на пути к решению// Вестник СПбГУ. – Сер. 7, 2014. – Вып. 3. – С. 45-48.
4. Титова, Г.Д. Принцип предосторожности в стратегическом планировании морепользования: экономические аспекты// Доклады XII Общероссийского форума «Стратегическое планирование в регионах и городах России: выстраивая систему». – СПб: Леонтьевский центр, 2014. – С. 93-97.
5. Фомин, С.Ю. Наличие и возможность включения положений экосистемного подхода в существующее российское законодательство, регулирующее морское природопользование // Отчет по Договору возмездного оказания услуг № ВВФ000226 от 15.10.2012. – 41 с.
6. Ehler, C.N. A Global Review of Marine Spatial Planning. Ocean Visions Consulting. – Paris, France, 2012. – 133 pp.
7. Marine Ecosystem Services Partnership. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.marineecosystemservices.org/> (дата обращения: 28.06.2015)

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОННЫХ СТАНЦИЙ

Ушивцев В.Б.,¹ Колмыков Е.В.,² Галактионова М.Л. Водовский Н.Б.¹

¹Каспийский филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Астрахань,
Российская Федерация, caspy@bk.ru

²ООО «Лукойл-Нижневожскнефть», г. Астрахань, Россия

Environmental monitoring was based on bottom stations. A new method of environmental monitoring for the Caspian Sea was developed. It is based on using the bottom stations to take samples of benthos, indicator species and bottom sediments. As a result, the quality of the marine environment was assessed.

Изменения морской среды непосредственно отражаются на состоянии биологических сообществ, населяющих ее. Изучение этих сообществ и динамики их жизнедеятельности требует особых методов и инструментов, чтобы достоверно оценить их экологическое состояние и прогнозировать их дальнейшее функционирование [2, 6].

Основная цель работы: разработка способа оценки благополучия морской среды в местах техногенного воздействия.

Район исследований расположен в северной части Каспийского моря в районе месторождения им. Ю. Корчагина. В центре района исследований расположена стационарная морская нефтедобывающая платформа (МЛСП). В четырех направлениях от нее, установлены донные биостанции, оснащенные пелагическими элементами.

Исследования проводились в период 2012-2014 гг. На первом этапе, в 2012 году были установлены донные биостанции. Обследование биостанций и прилегающей акватории проводилось в течение двух последующих лет.

Работы по сбору проб и образцов осуществлялись водолазами. При этом, в районе каждой биостанции отбирались пробы макрозообентоса, микрофитобентоса, пробы грунта и воды из придонного слоя для микробиологических исследований. Отбирались образцы индикаторных животных: бычковых рыб и креветок (*Palaemon elegans*) для физиологических, токсикологических, биохимических исследований. Отбирались пробы грунта для определения концентраций тяжелых металлов и нефтепродуктов.

Для интегральной оценки качества морской среды использовались данные по численности, биомассе и биологическому разнообразию сообществ макрозообентоса, а также соотношения индикаторных групп в составе зообентоса. Так, выделено соотношение массовых представителей отряда Amphipoda и класса Oligochaeta (A/O), ракообразных и червей (C/V), отношение численности амфипод к численности макрозообентоса (A/T). Колебания этих показателей, зарегистрированные за время исследований, служат основой шкалирования в условных баллах.

В микробиологических исследованиях для оценки качества среды использован индекс $K_{и}$ (определяемый как обратное соотношение индекса Разумова) [3, 4]. Величины $K_{и}$, находящиеся в диапазоне 0,81-8,81, отмеченные на исследуемом полигоне, свидетельствуют о наличии в поверхностных водах органического вещества в формах, различных по доступности для сапротрофов.

Микрофитобентосные исследования для оценки качества морской среды основаны на выявлении индикаторных групп микрофитов, оценки присутствия и сравнительной степени органического загрязнения, в т.ч. эмульгирующего, на поверхности донных отложений. Сравнительная оценка степени органического загрязнения производится с учётом данных о количественной структуре микрофитобентоса и составе ценозов микрофитобентоса. В основе лежит сравнительная оценка нескольких интегральных экологических параметров, характеризующих ценоз микрофитобентоса по актуальной флоре. Речь идёт о соотношении показателей разнообразия, выравненности видовой структуры ценоза (степени сглаженности структуры доминирования), вероятности межвидовых встреч и видового богатства

актуальной флоры, а также индикаторных групп микрофитов в её составе, по-разному реагирующих на присутствие органического загрязнения на поверхности дна [1, 5].

Биохимический компонент методики оценки качества морской среды основан на оценке хронических эффектов у бычковых рыб и уровня перекисного окисления липидов.

Оценка физиологического состояния бычков основывалась на изучении биохимических показателей (АОА - антиоксидантная активность и ПОЛ – перекисное окисление липидов). Кроме того у бычков изучалось гистофизиологическое состояние наиболее важных органов – печени, жабр и гонад (яичников и семенников).

По каждому из вышеописанных направлений исследований проводилось интервальное шкалирование в диапазоне наблюдаемого разброса данных при привлечении фоновых значений. Суммы баллов по каждой точке, полученные путем отнесения параметра к одному из бальных диапазонов с присвоением соответствующего балла сводятся в таблицу (табл. 1), на основе которой строится карта с изоповерхностями, показывающими благополучие того или иного участка, относительно фона.

Таблица 1 Баллы благополучия морской среды

	Макрозообентос	Микрофитобентос	Микробиоценоз	Физиологическое состояние рыб	Сумма
К 1	2,2	4	4	1,5	11,7
К 2	2,5	4	4	1,5	12
К 3	2,8	4	4	1	11,8
К 4	3,2	4	2	2	11,2
К 5	2,5	4	2	1,5	10
К 6	2,8	4	1	1,5	9,3
К 7	3,0	3	3	1,5	10,5
К 8	2,7	2	4	3	11,7
К 9	2,5	3,5	1	1,5	8,5
К 11	1,8	4	2	2	9,8
К 12	3,0	4	2	2	11
К 13	2,7	4	1	3	10,7

ЛИТЕРАТУРА

1. Hoffmann L., Komarek J., Kastovsky J. (2005): System of Cyanoprokaryotes (Cyanobacteria) - state in 2004. Arch. Hydrobiol./Algological Studies 117: 95 – 115.
2. Водовский Н. Б. Влияние внешних условий на биоценоз искусственных рифов, установленных в северной части Каспийского моря//Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. № 10, 2011. С. 59-63.
3. Методические указания по санитарно-бактериологической оценке рыбохозяйственных водоемов // утв. Минсельхозпродом РФ 27.09.1999, №13-4-2/1742.
4. Микробиологические процессы в Азовском море в условиях антропогенного воздействия / Е.И. Студеникина, Л.И. Толоконникова, С.П. Воловик. – М.: ФГУП «Нацрыбресурсы», 2002. – 168 с.
5. Тарасенко А.А., Александров Б.Г. Зависимость псаммофильных микроводорослей от гранулометрического состава песка и гидродинамики // Материалы международной научной конференции «Проблемы биологической океанографии XXI века». – Севастополь, 2006. – 169 с.
6. Ушивцев В.Б., Водовский Н.Б., Галактионова М.Л., Курапов А.А., Монахов С.К. Экологические и экономические предпосылки к созданию на акватории северного Каспия искусственных рифовых зон//Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008. № 5. - С. 78-83.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА КЛЕТКАХ ЦЕЛОМИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ МОРСКИХ ЗВЕЗД *ASTERIAS RUBENS*

Федюнин В.А., Поромов А.А., Смуров А.В.

МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия

The paper presents results of ecotoxicological studies on cellars of coelomic liquid of starfish in the White Sea.

При анализе и оценке качественного состояния, экологического благополучия морских водных объектов возникает множество вопросов, связанных с их многокомпонентностью, сложностью взаимодействия отдельных элементов, разнообразием протекающих в массе морской воды процессов, значительной изменчивостью под влиянием естественных и антропогенных факторов, различием в испытываемых нагрузках и условиях использования и т.д.. Биодоступность и токсичность многих веществ для морских организмов зависят от их физической и химической формы, рН и солености морской воды и отличаются от пресных вод.

Иглокожие, древнейшие представители группы Deuterostomia, перспективны в качестве тест-объекта в связи с их высокой экологической значимостью. На разных уровнях биологической организации иглокожих (от субклеточного до организменного уровня) возможно изучение токсических эффектов загрязняющих веществ.

Иглокожих можно считать перспективными организмами для фундаментальных и прикладных исследований. Они могут быть с успехом использованы для разработки новых экспериментальных подходов и стратегий для оценки состояния окружающей среды и прогнозирования последствий воздействия загрязняющих веществ. Ювенильные организмы, гаметы, эмбрионы и личинки могут быть использованы для быстрого, недорого и надежного скрининга и тестирования токсичных веществ и для детального изучения их механизмов действия. При этом опубликован обширный материал по биоаккумуляции загрязняющих веществ в иглокожих, в том числе морских звездах *A. rubens* и влиянию загрязняющих веществ на клеточные элементы.

Важную роль в регенерации и защитных реакциях иглокожих от различного рода повреждений и инфекций выполняют целомоциты (амебоциты). Целомоциты циркулируют в составе целомической жидкости и способны к фагоцитозу инородных частиц и образованию агрегатов в зонах существенных повреждений тела, затрагивающих целомические каналы. Восстановление пула целомоцитов при повреждении животного происходит достаточно быстро. Предполагается, что у морских звезд регенерация протекает по типу морфаллаксиса, когда новые клетки возникают за счет деления клеток в депо, которыми в данном случае может служить целомический эпителий и эпидермальный слой шнура радиального нерва.

В целомической жидкости наблюдаются три субпопуляции клеток, различных по характеристике и выполняемым функциям: 1) Агранулоциты – клетки ЦЖ, не несущие гранул, диаметром 4-7 мкм, ядра диаметром 2-4 мкм, окрашены азуром в синий цвет, могут располагаться по центру, либо эксцентрично, цитоплазма имеет слабо-розовый оттенок, окрашена гомогенно, форма клеток варьирует, встречаются клетки округлой или овальной формы, иногда наблюдаются псевдоподии. 2) Гранулоциты – клетки диаметром 4-7 мкм с гранулами различных форм и размеров (0,5-1,0 мкм), ядра (2-4 мкм) окрашены азуром в синий цвет и могут располагаться либо по центру, либо эксцентрично, цитоплазма имеет слабо-розовый оттенок, гранулы окрашены азуром или эозином, клетки округлые или овальные, возможны псевдоподии. 3) Мелкие клетки с высоким ядерно-цитоплазматическим отношением, диаметром 3-4 мкм, ядра окрашены азуром в синий цвет, вокруг ядер – тонкий слой цитоплазмы, цитоплазма почти не окрашена, редко имеет светло-розовый оттенок.

В ходе проведённой работы было изучено влияние различных концентраций наиболее актуальных для Белого моря тяжелых металлов (свинец (Pb), кадмий (Cd), ртуть (Hg), хром (Cr), никель (Ni), медь (Cu), марганец (Mn)), на клеточные элементы целомической жидкости морских звезд *Asterias rubens*.

Токсикологические эксперименты проводили в стеклянных аквариумах, в каждый из которых были помещены по 5 морских звезд *Asterias rubens* примерно равного размера, содержащиеся при температуре 10°C в стоячей воде. Металлы добавляли в трёх концентрациях, равных значениям 1, 10 и 100 ПДК, установленных для данных металлов. В качестве исследуемых параметров использовали число клеток и изменение соотношения различных субпопуляций целоцитов в целомической жидкости. Измерение проводились в начале эксперимента, через 24 часа, 3 и 7 дней. Оценка количества клеток проводилась с помощью окраски раствором толуидинового синего в камеры Горяева. Оценка соотношения клеток проводилась на фиксированных препаратах целоцитов, окрашенных раствором Романовского-Гимзе при увеличении 100X.

В ходе работы описаны изменения, происходящие в целомической жидкости при действии тяжелых металлов в сублетальных концентрациях.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 2014 ГОДУ

Халиков И.С.

ФГБУ «НПО «Тайфун», г. Обнинск, Россия, khalikov@rpatyphoon.ru

The report gives the results of 2014 measurements of benz(a)pyrene and PAH in bottom sediments at the sites of the Baikalsk Pulp and Paper Plant and the Selenga delta effluents discharge.

Озеро Байкал является уникальным природным объектом, который был включен в список природного наследия ЮНЕСКО. В 1999 г. принят закон РФ «об охране озера Байкал». Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК), введенный в эксплуатацию в 1966 г. и функционировавший без перерывов до 2009 г., получил широкую известность как крупнейший источник загрязнения Байкала.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) состоят из двух или более конденсированных ароматических колец и относятся к числу наиболее опасных веществ, загрязняющих водные объекты. Многие из них обладают выраженным канцерогенным и мутагенным действием, поэтому они должны находиться под постоянным контролем.

В данном сообщении представлены результаты определения в 2014 г. содержания ПАУ в донных отложениях (общее количество проб 60) трёх районов прибрежной части оз. Байкал: района сброса сточных вод БЦБК, авандельты р. Селенга и Северного Байкала (района трассы БАМ).

Материалом для исследований послужили пробы донных отложений (ДО), отобранные в сентябре 2014 г. из поверхностного слоя (0-2 см) в пределах глубин отбора от 7 до 340 м во время экспедиционных работ, проводимых ФГБУ «ГХИ» (г. Ростов-на-Дону).

В работе для идентификации и количественного определения индивидуальных ПАУ использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием (детектор «RF-20A», хроматограф «LC-20 Prominence» (Shimadzu)), после предварительного выделения, концентрирования и очистки полиаренов из анализируемых проб.

В пробах ДО обследуемых районов были идентифицированы и количественно определены в порядке выхода на хроматограммах следующие ПАУ – нафталин, сумма 1- и 2-метилнафталинов, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(е)пирен, бенз(а)пирен (BaP),

дибенз(а,һ)антрацен, дибенз(а,і)пирен, бенз(ɡ,һ,і)перилен, индено[1,2,3-с,д]пирен, дибенз(а,е)пирен, антантрен и коронен (рис.1). Следует отметить, что в ДО района БЦБК, по сравнению с авандельтой р. Селенга и северным Байкалом, профиль ПАУ выглядит иначе, поскольку здесь доминируют высокомолекулярные полиарены.

По результатам обследования 2014 г., распределение бенз(а)пирена и ПАУ в ДО обследуемых районов оз. Байкал показало неоднородный характер. Результаты по средней концентрации ВаР и суммы 21 ПАУ, а также их интервалы значений в обследованных участках приведены в табл. 1. Значения максимальных концентраций бенз(а)пирена в ДО района БЦБК превышают ПДК (20 мкг/кг) его в почве. Уровень загрязнения донных отложений бенз(а)пиреном в районе сброса сточных вод БЦБК выше, чем на севере и в центральной части Байкала почти на порядок. Средний процент содержания бенз(а)пирена от суммы идентифицируемых ПАУ в донных отложениях района сброса сточных вод БЦБК (5,3%) был примерно в 3-4 раза выше, чем в авандельте р. Селенга (1,5%) и района северного Байкала (1,4%). Следует также отметить, что среднее содержание наиболее канцерогенных 4-6 ядерных ПАУ в районе БЦБК, в том числе и изомеров ПАУ с молекулярной массой 302 (дибензпиренов), было в несколько раз выше, чем в авандельте р. Селенга и района трассы БАМ. Эти факты доказывают, что одним из источников загрязнения оз. Байкал полициклическими ароматическими углеводородами являлся БЦБК.

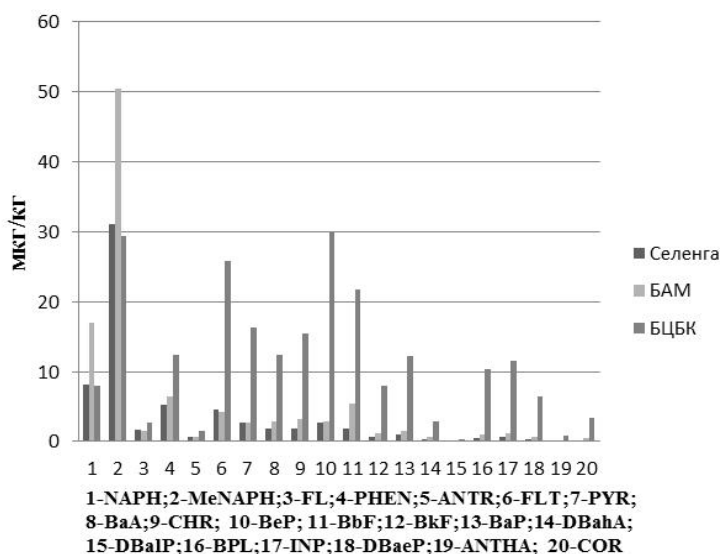


Рис. 1. Профиль среднего содержания ПАУ в донных отложениях авандельты р.Селенга (n=12), северного Байкала (БАМ) (n=15) и района сброса сточных вод БЦБК (n=33)

Во многих странах в настоящее время не имеется экологических стандартов качества донных отложений в своих законодательствах. В этих случаях часто используют значения, принятые в международных организациях (OSPAR, ICEA и др.). Для оценки степени загрязнения донных отложений оз. Байкал приоритетными ПАУ использовались нормативы, принятые в зарубежных системах (Норвегия, Швеция) 5-уровневой классификации загрязненности донных отложений ПАУ. Согласно этим системам, все пробы осадков, отобранные в районах авандельты р. Селенга и трассы БАМ, относятся к 1 и 2 классу с низкими концентрациями ПАУ. К 3-му классу с «умеренными» концентрациями ПАУ относится большинство проб района сброса сточных вод БЦБК.

Таблица 1 Среднее содержание бенз(а)пирена и суммы 21 ПАУ в донных отложениях оз.Байкал, мкг/кг (2014 г.)

Район отбора, глубина отбора, количество проб	Средняя концентрация ВаР (интервал), мкг/кг	Средняя концентрация суммы 21 ПАУ, интервал, мкг/кг
Селенгинское меководье, до 50 м (n=12)	1,0(0,1-3,1)	66,1(24,4-149,7)
БАМ, до 100 м, (n=8)	1,2(0,2-4,2)	86,4(27,3-143,3)
БАМ, более 100 м, (n=7)	1,7(0,5-4,3)	122,1(65,4-194,7)
БЦБК, до 100 м, (n=11)	10,8(0,2-29,6)	201,5(4,3-501,8)
БЦБК, более 100 м, (n=22)	13,5(2,1-21,9)	259,3(40,4-416,2)

Изучение общих профилей и диагностических соотношений индивидуальных ПАУ показало, что полиарены в донных отложениях района сброса сточных вод БЦБК имеют пиролитическое происхождение. Выявлены прямые корреляционные зависимости концентрации $C_{орг}$ с индивидуальными высокомолекулярными ПАУ и их суммарными концентрациями в разных местах отбора. Для оценки границ зоны загрязнения ПАУ и влияния БЦБК требуется отбор проб ДО на большей акватории озера. Для рассмотрения картины распределения ПАУ в этом районе в прошлые годы необходим отбор колонок ДО и определение ПАУ по глубине осадков.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИУСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ Р.ЧЕРНОЙ (СЕВАСТОПОЛЬСКАЯ БУХТА, ЧЕРНОЕ МОРЕ)

Хоружий Д.С., Медведев Е.В., Орехова Н.А., Моисеенко О.Г.

*ФГБУН Морской гидрофизический институт, г. Севастополь, Россия,
khoruzhiy@mail.ru*

The features of hydrochemical composition of the waters of the Black River are discussed. It shows the difference in the distribution of compounds of natural and anthropogenic origin. The spatial characteristics of a river plume in the waters of the bay are considered.

Приустьевые области малых и средних рек российского черноморского шельфа последние годы являются предметом повышенного внимания исследователей, поскольку речной сток вероятно оказывает заметное влияние на биогеохимические характеристики зоны сопряжения суши и моря. Влияние стока малых и средних рек на состояние прибрежных экосистем в российском секторе Кавказского побережья Черного моря изучалось сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН) [1], при этом Крымское побережье остается малоизученным.

Предметом исследования настоящей работы стала приустьевая область бухты Севастопольской и впадающая в нее р. Черная. Цель работы – изучение влияния вод р. Черной на формирование гидрохимических характеристик бухты. В качестве наиболее репрезентативных показателей были выбраны ион аммония (NH_4^+), отражающий антропогенный прессинг, и общий неорганический углерод (TCO_2), являющийся индикатором климатических воздействий.

Анализ влияния речного стока проводился на основании результатов ежеквартальных съемок за период с 2009 по 2015 г. по схеме станций, приведенной на рис. 1. Для каждого показателя выполнено 675 измерений по течению реки и в акватории бухты.

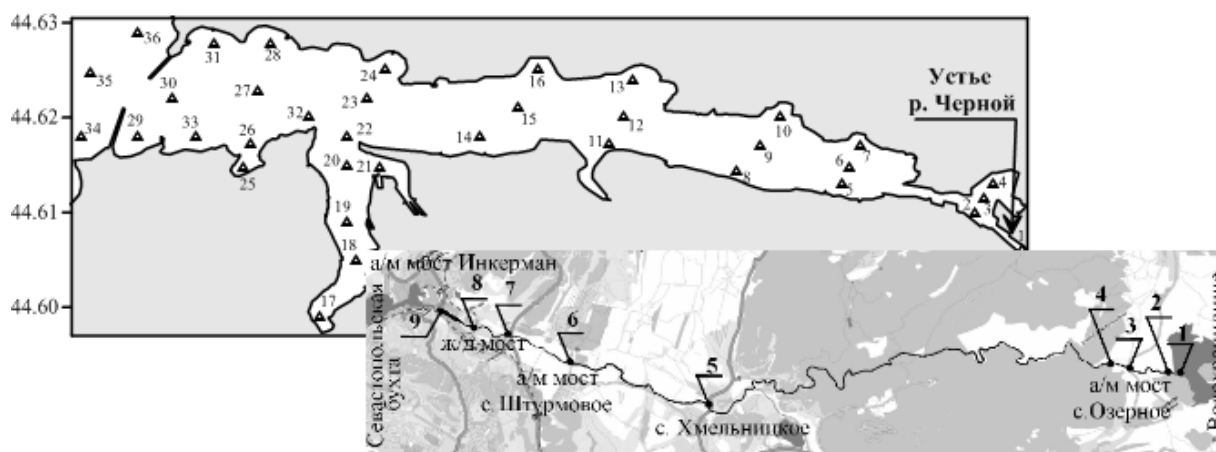


Рис. 1 Схема станций отбора проб на р. Черной и в акватории бухты

Согласно существующим оценкам, годовое поступление вод в бухту на 70% обеспечивается речным стоком. [2]. Паводковый характер реки обуславливает сезонные изменения гидрохимических характеристик вод бухты в течение года.

Изменение концентрации TCO_2 (рис. 2) свидетельствует о постоянстве его сезонного поступления. В период межени, когда расход вод реки падает до годового минимума, концентрация TCO_2 в речных водах несколько снижается. В паводковый сезон концентрация TCO_2 несколько выше, чем в межень. Однако, влияния на уровень концентрации TCO_2 в водах бухты, судя по рис. 2, река не оказывает: значения TCO_2 в приустьевой области и на выходе из бухты близки. Изменение концентрации TCO_2 (рис. 2) свидетельствует о нахождении маргинального фильтра между ст. 8 и 9 р. Черной. Влияния вод реки на содержание NH_4^+ в бухте, также не наблюдалось (рис. 3).

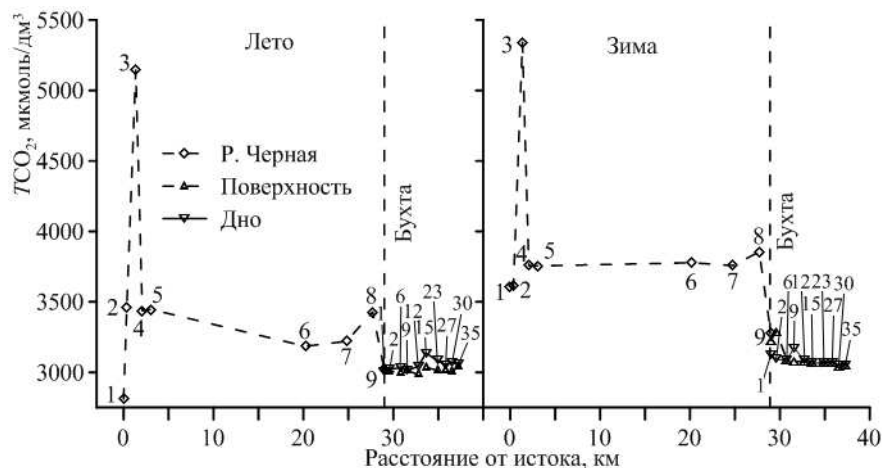


Рис. 2 Сезонные особенности изменения концентрации TCO_2

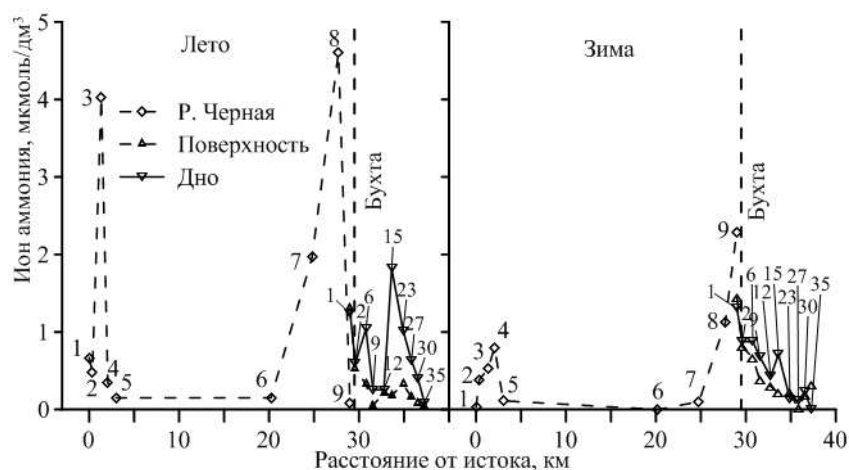


Рис. 3 Сезонные особенности изменения концентрации иона аммония

Аналогичные особенности наблюдались и для более чувствительных индикаторов распространения речного стока, таких как общая щелочность и растворенный кремний.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что воды р. Черной не оказывают существенного влияния на гидрохимический состав б. Севастопольской. В акватории бухты отсутствует постоянный речной плюм, зона биогеохимического барьера находится между ст. 8 и ст. 9 р. Черной, а влияние речных вод на воды бухты в каждом случае определяется гидрологической и метеорологической обстановкой в момент съемки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маккавеев П.Н., Полухин А.А., Степанова С.В. работы по изучению приустьевых областей малых и средних рек в прибрежной зоне российского сектора Черного моря // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2013. – Вып. 27. – С. 412 - 417.
2. Овсяный Е.И., Артеменко В.М., Романов А.С., Орехова Н.А. Сток реки Черной, как фактор формирования водно-солевого режима и экологического состояния Севастопольской бухты // Там же. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2007. – Вып. 15. – С. 57 – 65.

APPLY NEW MODEL ON ENVIRONMENTAL VULNERABILITY, CASPIAN SEA

Homayoun Khoshnavan¹, Parvin Farshchi²

¹Caspian Sea national research center, Sari, Mazandaran, Iran, h_khoshnavan@yahoo.com

²Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran, parvinfarshchi@gmail.com

The Caspian Sea, as the largest lake in the world, has some important pertaining to sustainable development. Biodiversity in the region is significant. Water resources, substrate minerals and petroleum and gas reservoirs are concentrated around the coasts of the Caspian Sea. Natural agents, including climatologic and hydrodynamic impacts, have caused economic damage over time. Sea-level rise and storm waves result in erosion in the coastal areas. Hazards and vulnerability have increased in this region. Insufficient knowledge of coastal components and environmental forces (e.g. sea-level change and hydrodynamic impact) create serious problems for engineering applications to coastal management. The improper design of engineering protection structures in coastal areas and the high costs of preventing damage are among the most important problems along the southern coast of the Caspian Sea. Previous episodes of relative sea-level rise from 1978 to 1996 caused very hazardous conditions, impacting the socio-economic character of the region. As a result, the assessment of relative vulnerability of the Caspian Sea southern coasts was initiated to identify the general structures and the natural essence of the coast. The Caspian Sea

from environmental point of view is very important area in the world. The presence of several ecosystems and high human population density around the coastal area caused concentration of international organizations attention. Unfortunately at the present time a lot of environmental problems have emerged by man induced effect as variety of pollution and environmental unbalance and disturbances (Khoshnavan, 2003). The southern Coast of the Caspian Sea has similar statement considering environmental hazard and annually the risk and hazard degree of pollution impact rapidly increase with contamination resources development (Mojallal, 2004). Growth of population, urban development, industrial and agricultural activities and extraction of natural resources applies environmental pollution risks on the valuable and sensitive ecosystem of the Caspian Sea (Khoshnavan, 2003; Mojallal, 2004). In this research we are attempting to know what are the most important pollution vulnerable agents? 2) where does environment sensibility increase? 3) finally how could the environmental management maps be prepared? By the use of the Universal Ranking System Model (URSM), and the Geographic Information System (GIS) on pollution sources, programme planning priorities and environment policy have been obtained. Main results show that agriculture toxic chemical runoff and municipal urban solid waste and sewage are the most important pollution sources in the study area.

REFERENCES

1. Khoshnavan H., 2003, optimum environmental management on contamination resources and pollution in Mazandaran province, Management and planning organization of Mazandaran, Iran
2. Mojallal H., 2004, Pollution hazard control in the Rivers and Coastal area of the Southern Coasts of The Caspian Sea, water resources management, Ministry of energy

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ШЕЛЬФЕ. ОПЫТ И ПОДХОДЫ

Шахин Д.А.

ООО «ФРЭКОМ», г. Москва, Россия, d.shakhin@frecom.ru

Integrated environmental monitoring is aimed at detection of both the fact and possible reasons and sources of negative trends, observed in the water area due to natural variability of marine ecosystem and/or man-made impact. Geospatial monitoring data integrated into geoinformation system (GIS) may serve as a basis for planning, decision-making and prompt response for most of geoecological tasks. Effective environmental monitoring requires combination of direct (vessel-based) and remote (aircraft, satellite) survey methods, applied to all components of ecosystem.

Экологическое сопровождение морских нефтегазовых проектов с развитием освоения морского шельфа приобретает все большее значение.

Экологические исследования и мониторинг необходимы операторам нефтегазовых проектов и недропользователям в качестве источника исходной информации о фоновом состоянии окружающей среды акватории, на которую планируется оказать определенное воздействие при строительстве, обустройстве и эксплуатации объекта. При этом важно оценить уровень уже имеющегося антропогенного воздействия (трансформации) компонентов природной среды в результате существующей хозяйственной деятельности.

Не менее важно выделить и оценить значимые экологические ограничения и риски, определить устойчивость тех или иных компонентов окружающей среды к планируемым воздействиям. Результаты таких исследований позволяют выбрать наиболее подходящие в экологическом отношении районы размещения проектируемых сооружений, оптимизировать подбор технологических решений, определить оптимальные сроки строительства и

осуществить разработку наиболее действенных природоохранных мероприятий. Пристальное внимание должно уделяться сохранению водных биоресурсов, имеющих большое значение для существующего природопользования.

Экологический мониторинг должен выполняться в соответствии с «Программой экологического мониторинга», которая определяет перечень наблюдаемых показателей, методы, периодичность и порядок производства наблюдений, содержание создаваемой информационной продукции.

Комплексный экологический мониторинг направлен на выявление как самого факта, так и возможных причин и источников негативных изменений, происходящих на акватории в силу естественной природной изменчивости морской экосистемы и/или антропогенного воздействия на морскую среду.

Расположение пунктов наблюдения мониторинговой сети определяется содержанием решаемых задач, особенностями природной обстановки, контролируемыми путями миграции, аккумуляции и выноса загрязнений [2]. Однако в любом случае сеть должна быть репрезентативна и постоянна.

Экологические наблюдения могут быть реализованы в двух типах – контактные (полевые - судовые, береговые) и дистанционные (аэрокосмические), которые в последнее время развиваются очень активно. Судовые наблюдения позволяют делать натурные замеры, отбор проб, наблюдения за объектами, не различимыми на космоснимках. Однако стоимость судовых наблюдений огромна, и даже крупнейшие нефтегазовые компании не могут себе позволить их вести постоянно. Чаще всего проводятся сезонные экспедиции. Между тем динамика морских акваторий такова, что наблюдения за рядом компонентов ОС должна быть практически непрерывна. Поэтому именно дистанционный мониторинг промышленных объектов на море в настоящее время является основой их экологической безопасности [1].

Возможность исследовать большие площади акваторий в сложных погодных условиях и при наличии льдов определяет необходимость применения данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) в морских проектах. Для целей экологического сопровождения крайне важны такие показатели как оперативный контроль нефтезагрязнений, направление течений в поверхностном слое, гидрометеорологические параметры, определение концентрации и флуоресцентности хлорофилла, оценка ледовой обстановки, оценка экологического состояния участков побережий в местах расположения опасных промышленных объектов. Все эти показатели могут оцениваться с помощью дистанционных методов [1].

Дистанционные данные, наиболее часто используемые при оценке экологической ситуации на морских объектах – это снимки в оптическом, тепловом и радиодиапазоне. Радиолокационные снимки широко применяются для обнаружения нефтяных загрязнений и идентификации судов, оптические снимки – для установления природы загрязнений, направлений течений, распределения хлорофилла, а также динамики берегов [1].

Типы и охват мониторинга различаются в зависимости от поставленных задач [2]. Региональный (фоновый) мониторинг охватывает полностью акватории лицензионных участков и прилегающие районы моря. Задачи фонового мониторинга – контроль состояния основных компонентов окружающей среды лицензионного участка как части акватории моря, испытывающей техногенное влияние от работ недропользователя, а также сторонних пользователей – рыболовство, морской транспорт, трансграничный перенос загрязнителей и др. Выполняется ежегодно, в разносезонном режиме. Такие региональные программы часто выполняются в рамках межправительственных соглашений, при государственной поддержке.

Локальный уровень мониторинга предполагает расположение станций по всей площади месторождения/участка. Подходит для контроля проведения сейсморазведочных и других геологоразведочных работ [2].

Импактный экологический мониторинг предусматривает выполнение наблюдений непосредственно в зоне влияния производственных объектов, например буровых установок, где воздействие на окружающую среду носит локальный (по пространственно-временному

масштабу) характер. Продолжительность и частота такого мониторинга напрямую связана с производственными процессами, которые он контролирует [2].

Получаемые дистанционно и с полевых работ геопространственные данные (снимки, карты, схемы) интегрируются в геоинформационную систему (ГИС) и могут служить основой для планирования, принятия решений, мониторинга и быстрого реагирования в большинстве геоэкологических задач.

Для эффективного проведения экологического мониторинга необходимо сочетание контактных (судовых) и дистанционных (авиа-, спутниковых) методов исследований по всем компонентам экосистемы. Кроме того, важна интеграция экологических и технических данных, учет результатов мониторинга в проектной документации по ГРП и обустройству месторождений, в осуществляемых природоохранных мероприятиях.

Предлагается шире использовать наблюдения в рамках экологического мониторинга морских лицензионных участков в профильных службах экологической и промбезопасности нефтегазовых компаний, формировать региональную систему мониторинга шельфа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексный спутниковый мониторинг морей России/ О.Ю.Лаврова, А.Г.Костяной, С.А.Лебедев и др.– М.: ИКИ РАН, 2011.– 480 с.
2. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001, 247с.

Секция 3.

**Инженерно-гидрометеорологические изыскания
и ледовые исследования**

Session 3.

Engineering, hydrometeorological surveys and ice research

РЕЖИМ СИЛЬНОГО ВЕТРА (12 М/С И БОЛЕЕ) НА КАСПИЙСКОМ МОРЕ В 2006-2010 ГГ.

Андреев А. Н.

Гидрометеорологическая служба Каспийской Флотилии, г. Астрахань, Россия

The mode of a wind was analyzed according to observations of on shore stations and according to reports of the ships from the sea (on average 30-35 reports of weather, twice per day – in 09 and 20 hours).

Общепринятое мнение, что Каспийское море является «спокойным» морем и только в районе Апшеронского полуострова наблюдаются частые и сильные штормы, не выдерживает критики. Имеющиеся данные о ветровом режиме Каспия устарели, не соответствуют действительности и требуют детального изучения и уточнения. В докладе приводятся статистические данные по режиму ветра на Каспийском море за период 2006-2010 гг. Режим ветра анализировался по данным наблюдений береговых станций и по донесениям кораблей с моря (в среднем 30-35 сводок погоды, дважды в сутки – за 09 и 20 часов).

1. Повторяемость сильного ветра.

Приведена общая повторяемость (в сутках) и продолжительность (в часах) случаев сильного ветра (12 м/с и более) по отдельным районам Каспийского моря (рис. 1).

Наиболее значимыми для судоходства являются 21010 и 21110 районы Северного Каспия, где расположены Волго-Каспийский канал (ВКК), Астраханский морской рейд, по ним проходят основные судоходные трассы. В докладе приводятся данные по повторяемости ветра для этих районов. Рассмотрены ограничения судоходных работ по ветру (12-17 м/с) и их продолжительность (в сутках) в этих районах.

Аналогичные данные приводятся для районов Среднего и Южного Каспия.

2. Продолжительность сильного ветра.

Продолжительность случаев ветра 12 м/с и более, в течение года, по отдельным районам Каспийского моря сильно различалась. Это обуславливалось различиями в преобладающих типах атмосферных процессов для разных районов Каспия, различиями орографии береговой черты, широтой места, различиями температурного режима.

Наибольшая продолжительность случаев сильного ветра наблюдалась в восточной части акватории Среднего Каспия (район 21140) – 3825 часов. В районе Апшеронского полуострова (21090) – 3304 часа. По району 21110 (Северный Каспий) – 3501 и по району Среднего Каспия 21080 – 3071. Наиболее спокойными являются мелководные, прибрежные районы Северного Каспия (21020-21050, 21120), где продолжительность сильного ветра за год составила менее 1000 часов. Достаточно спокойными были районы Южного Каспия – западная часть районов 21180 и 21190, где продолжительность сильных ветров в 2006-2008 гг. составила 1700-1900 часов.

Продолжительность одного случая сильного ветра составила, в среднем для всего Каспийского моря, 14 часов и изменялась по районам моря мало. Таким образом, общая продолжительность сильного ветра в течение года определялась повторяемостью: чем больше повторяемость сильного ветра, тем больше и продолжительность.

Вместе с тем, наблюдались случаи, когда продолжительность сильного ветра достигала 192 часов.

3. Распределение повторяемости и продолжительности сильного ветра по румбам.

В докладе в табличном и графическом вариантах показано распределение повторяемости и продолжительности сильного ветра по румбам в течение года по всем районам Каспийского моря.

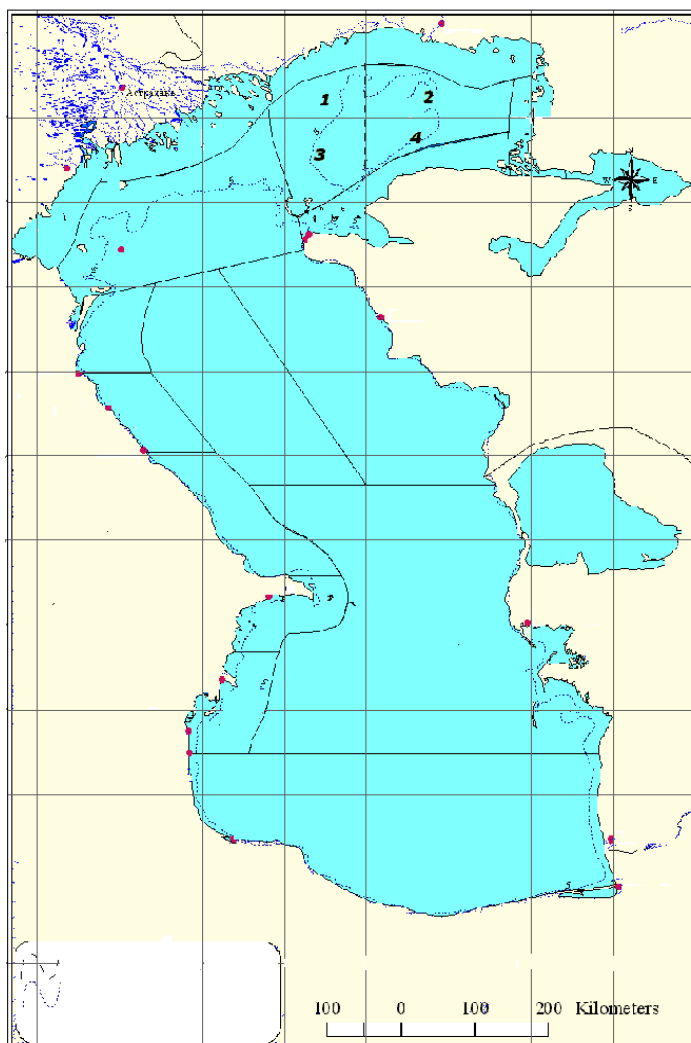


Рис. 1 Районирование Каспийского моря

За три года на акватории Каспийского моря наблюдалось 67 случаев сильного ветра продолжительностью 72 часа и более. Максимум в январе – 13 случаев, минимум в мае – 2 случая. Распределение по румбам следующее: ЮВ – 32, СЗ – 29, СВ – 4, С – 2.

Наибольшая повторяемость продолжительных штормов в течение года наблюдалась в январе (13 случаев за 3 года), наименьшая в августе (3 случая).

При средней продолжительности штормов 14 часов, продолжительность СЗ шторма – 14,2 часа, ЮВ – 14,8 часа. В Северном и Среднем Каспии продолжительность ЮВ шторма, в среднем, на 1 час больше СЗ, а в Южном Каспии наоборот: продолжительность СЗ шторма на 1 час больше ЮВ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Артамонов Ю.В., Федирко А.В., Скрипалева Е.А.

ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН», г. Севастополь, Россия,
artam-ant@yandex.ru

On the basis of the sea surface temperature (SST) satellite data from 1982 to 2014 the distributions of SST seasonal and interannual mean squared deviations (MSD) in the Black sea are analyzed. The relation of SST seasonal and interannual variability level is defined. The spatial distributions of the general and monthly SST linear trends during 1982-2014 are considered. The areas with extreme climatic SST variability are revealed. It is shown that the maximum seasonal and interannual SST variability is observed in northwest region of Black sea. The high level of interannual SST variability is observed also in east part of large-scale cyclonic gyre and to the south from Kerch strait. In the intraannual distributions of SST trends and interannual SST MSD in east part of the Black sea two main maximum of interannual variability – in June-August and October-November are revealed.

Для решения комплекса экологических и природоохранных проблем, которые становятся все более актуальными в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой, необходима оценка реакции Черного моря на происходящие региональные климатические изменения. Важнейшим инструментом непрерывного мониторинга изменчивости процессов в верхнем слое моря на разных пространственно-временных масштабах являются спутниковые измерения. В данной работе исследуется климатическая изменчивость температуры поверхности (ТПМ) Черного моря на основе массива спутниковых данных *MyOcean Pathfinder V5.2 (PFV52) AVHRR*. Этот массив содержит значения ТПМ с января 1982 г. по декабрь 2014 г. со среднесуточным осреднением в узлах регулярной сетки $0.04^\circ \times 0.04^\circ$. Временной период порядка 30-ти лет является достаточным для получения статистически значимых климатических норм и позволяет оценить тенденции межгодовой изменчивости. Для анализа изменчивости ТПМ в каждом узле регулярной сетки по среднесуточным значениям были получены ряды среднемесячных и среднегодовых значений ТПМ. По этим рядам рассчитывались линейные тренды ТПМ для каждого месяца и для всего временного ряда с 1982 по 2014 гг., среднеквадратичные отклонения ТПМ для внутригодового ($СКО_{год}$) и межгодового ($СКО_{меж}$) уровней изменчивости и определялось их соотношение.

Пространственное распределение внутригодового $СКО$ показало, что наибольшая сезонная изменчивость ТПМ наблюдается на северо-западном шельфе и у западного побережья Черного моря с максимальными величинами $СКО_{год} \sim 7.5^\circ\text{C}$ (рис. 1а). Увеличение $СКО_{год}$ до 6.5°C отмечается в центральных частях западного и восточного циклонических круговоротов. Область пониженной сезонной изменчивости ($СКО_{год} < 6.3^\circ\text{C}$) располагается узкой полосой вдоль Анатолийского и Кавказского побережья, огибает берега Крыма и вытягивается на запад почти до 30° в.д. Абсолютный минимум сезонных колебаний ТПМ ($СКО_{год} < 6.0^\circ\text{C}$) наблюдается южнее Керченского пролива.

Установлено, что на большей части акватории моря уровень межгодовой изменчивости почти в 5-6 раз ниже, чем уровень внутригодового сигнала. Пространственное распределение $СКО_{меж}$ заметно отличается от распределения $СКО_{год}$ (рис. 1б). При качественном совпадении областей максимальной сезонной и межгодовой ($СКО_{меж} \sim 1.2-1.3^\circ\text{C}$) изменчивости на северо-западном шельфе, в распределении $СКО_{меж}$ появляется обширная область высоких значений к западу от Кавказского побережья в восточной части крупномасштабного циклонического круговорота ($> 1.24^\circ\text{C}$), где внутригодовые вариации относительно невелики. Отмечается также увеличение значений $СКО_{меж}$ ($> 1.14^\circ\text{C}$) в районе

Батумского антициклона. В то же время в юго-западной части моря, где уровень сезонных вариаций ТПМ относительно повышен, межгодовая изменчивость уменьшается ($СКО_{\text{меж}} < 1.06^{\circ}\text{C}$).

Пространственное распределение линейных трендов ТПМ за период 1982-2014 гг. показывает устойчивую тенденцию к повышению ТПМ за последние 33 года, при этом интенсивность потепления на различных участках акватории Черного моря неодинакова (рис. 1в). Область наибольших трендов ТПМ располагается в восточной части моря вдоль Кавказского побережья и примерно совпадает с областью повышенных значений $СКО_{\text{меж}}$. Максимальные значения линейных трендов здесь достигают $2.8-2.9^{\circ}\text{C}$ за 33 года. На большей части акватории моря величина тренда не превышает 2.5°C . Наименьшие значения тренда ТПМ ($\sim 2.2^{\circ}\text{C}$) отмечаются в юго-западной части моря в прибосфорском районе.

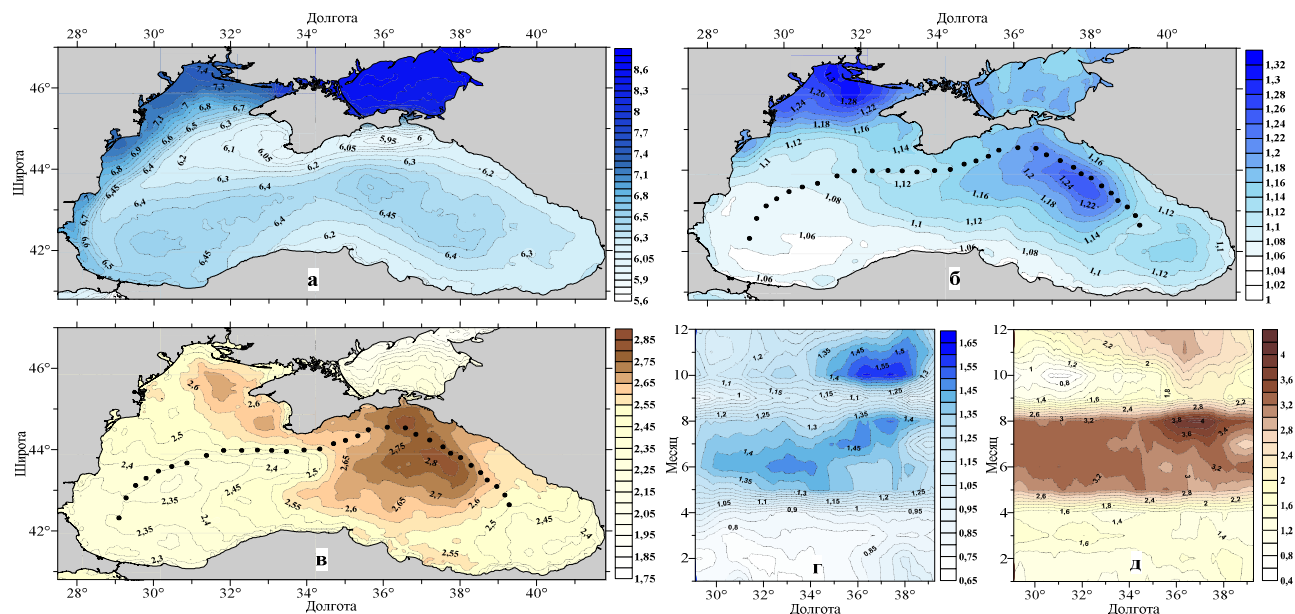


Рис. 1 Среднее за 33 года внутригодовое $СКО$ ТПМ ($^{\circ}\text{C}$) (а), среднее за 12 месяцев межгодовое $СКО$ ТПМ ($^{\circ}\text{C}$) (б), общий линейный тренд ТПМ ($^{\circ}\text{C}/33$ года) (в), внутригодовые распределения межгодового $СКО$ (г) и линейного тренда (д) вдоль профиля, положение которого показано пунктиром на рис. 1б и 1в

Конфигурация областей экстремальной межгодовой изменчивости ТПМ и ее внутригодовой ход указывают на возможную связь с динамикой вод. Язык относительно низких значений $СКО_{\text{меж}}$ и трендов ТПМ вытянут на восток вдоль южной периферии Основного черноморского течения (ОЧТ) южнее Крыма и на северо-запад справа от потока у Кавказского побережья. Изменение значений $СКО_{\text{меж}}$ и трендов ТПМ по месяцам вдоль профиля, качественно совпадающего со стрежнем ОЧТ (рис. 1г, 1д), показывает увеличение уровня межгодовой изменчивости в периоды климатического ослабления ОЧТ. В западной части моря наблюдается один максимум (июнь-август), а в восточной части появляется второй максимум (октябрь-ноябрь). Время наступления этих максимумов качественно соответствует периодам ослабления геострофической скорости ОЧТ в сезонном цикле [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов Ю.В., Белокопытов В.Н., Скрипалева Е.А. Особенности изменчивости гидрологических и биооптических характеристик на поверхности Черного моря по данным спутниковых и контактных измерений // Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря / Монография под ред. В.Н. Еремеева, С.К. Коновалова. - Севастополь: НПЦ ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. - С. 88-115.

DEFINITION OF THERMOCLINE OF THE DEEP-WATER PART OF THE CASPIAN SEA

Akbar Asgarov

National Department of Hydrometeorology, Baku, Azerbaijan

The paper discusses the results of analysis of vertical dynamics of water temperature in the Azerbaijan sector of the Caspian Sea. 3D model of the area has been developed with the use of Arc GIS software. Results show that thermocline is normally located at about 200 m.

Introduction

Caspian Sea (CS), the largest continental body of water on the earth, is distinguished by its special conditions: the rich hydrocarbon and biological resources, and playing an important role in the region [Dumont, 1998; Kosarev and Kostianoy, 2005; Zonn, 2005(b)]. This sea is the unique world reserves of endemic sturgeons giving 85% of world black Caviar supplies [Zaker et al., 2007].

Depth at which the rate of decrease of temperature with increase of depth is the largest. In general the sea water temperature decreases from the surface to the deepest levels, except in high latitudes where the configuration can be more complex. There exists in most ocean areas (apart from polar and sub-polar oceans) a zone where the rate of decrease of temperature is much larger compared with that above and below, hence the definition. Depending on the geographical location, the thermocline depth ranges from about 50m to 1000m [Panin, Mamedov, Mitrofanov, 2006].

In general, the vertical distribution of sea temperature is like characteristic to other seas which are located in the same width. The great changes which are in the sea water temperature reflect themselves more clearly in the 100 m depth of water layer, this process is weaker in the layers which are in the 100-200 m depth and temperature distribution is not more than 0,5 C in the lower water layers.

According to Hutchinson (1957) the notion of metalimnion refers to the depth at which a relatively greatest temperature fall has place. Birge in turn (after Lampert and Sommer 1996) treats the thermocline as a water layer in which the fall of temperature is characterised by a gradient of at least 1°C at the depth of 1 m. However, there prevails the view that it is the zone (layer) in which the change in temperature amounts to $\geq 1^\circ\text{C m}^{-1}$ of depth. The position of thermocline depends on many factors but it is the morphometric features of the sea, its surface and depth in the first place, which are considered the most important ones. There exist a large number of researchers who are advocates of the view that it is primarily the wind action and effective lengths that determine the thickness of epilimnion [Skowron, 2007].

The spring warming of the sea water at first begins very slow (March to April). Warming in the surface waters speeds in May and June, the warming speed decreases in July. The warming stops fully in August. In general, in all regions of Caspian Sea (areas) the lowest average monthly mark of the surface water temperature belongs to March [Panin, Mamedov and Mitrofanov, 2005].

The water temperatures of the water column abyssal layer in less than 100 m depth in the sea are among 5,7°C to 6,3°C with small seasonal changes. The small vertical warming differences due to intensive convection mixing [Azecolab, 2010].

The temperature differences between surface and deep water layers leads to the formation of seasonal thermocline (rapid temperature jumping area) The existing of thermocline limits the mixing of upper and lower water layers.

In research field the formation of thermocline begins in spring (March-April) in the upper levels of water columns in 30-50 m depth water.

But in summer and autumn thermocline is moving in the direction of the depth reflecting the growth in the vertical mixing in upper layers which caused by the increasing frequency of the events by storms. As thermocline is going to deep the temperature changes interval is decreasing. This continues till the gradually collapse of thermocline during winter months.

Methods

To investigate sea water temperature fluctuations, the water temperature has been measured from the surface to 480-490 m of depth. Temperature samples were taken from four points located in a 20 m from each other. All the sample pints are located in Azerbaijani sector of the Caspian Sea, from four points from surface to bottom for each 20 m distance in the part of Azerbaijan sector of the Caspian Sea. Offshore measurements include the coldest month (March) of the year (tab. 1)

Table 1. Temperature and depth data of studied four points (Arc GIS)

The image displays four screenshots of ArcGIS attribute tables, each showing a different set of data for 25 points. The columns are labeled FID, Shape, height, and temp. The data shows a clear trend where temperature decreases as depth increases.

FID	Shape	height	temp
0	Point	0	1024
1	Point	20	839
2	Point	40	792
3	Point	60	765
4	Point	80	742
5	Point	100	713
6	Point	120	697
7	Point	140	686
8	Point	160	672
9	Point	180	673
10	Point	200	656
11	Point	220	657
12	Point	240	655
13	Point	260	652
14	Point	280	647
15	Point	300	648
16	Point	320	647
17	Point	340	643
18	Point	360	644
19	Point	380	649
20	Point	400	639
21	Point	420	637
22	Point	440	633
23	Point	460	635
24	Point	480	630

Geo-Information Technologies was considered expedient to use for implementation of the project. Arc GIS software was selected for preparing of the cartographic product. The main reason for this is the fact that Arc GIS software may well illustrate these results as the final product. Geographic database was created through Arc GIS software.

The depths, temperature rates and the hypsometric indicators of the area were included into Geographic data base (GDB) as the initial data. Above-mentioned information is included in attribute data base of GDB.

The cartographic products have been prepared and the analyses have been carried through those information and use of analysis models.

The hypsometric scale has been established and interpolation method has been used automatically at the initial stage. The cartographic regularity has been kept and the linear transition was able to be gained.

Raster information that has JPEG extension has been used as geographic basis for the preparing of the model. In addition the 3D model of the area has been prepared using 3D analysis model of Arc GIS software (fig. 1).

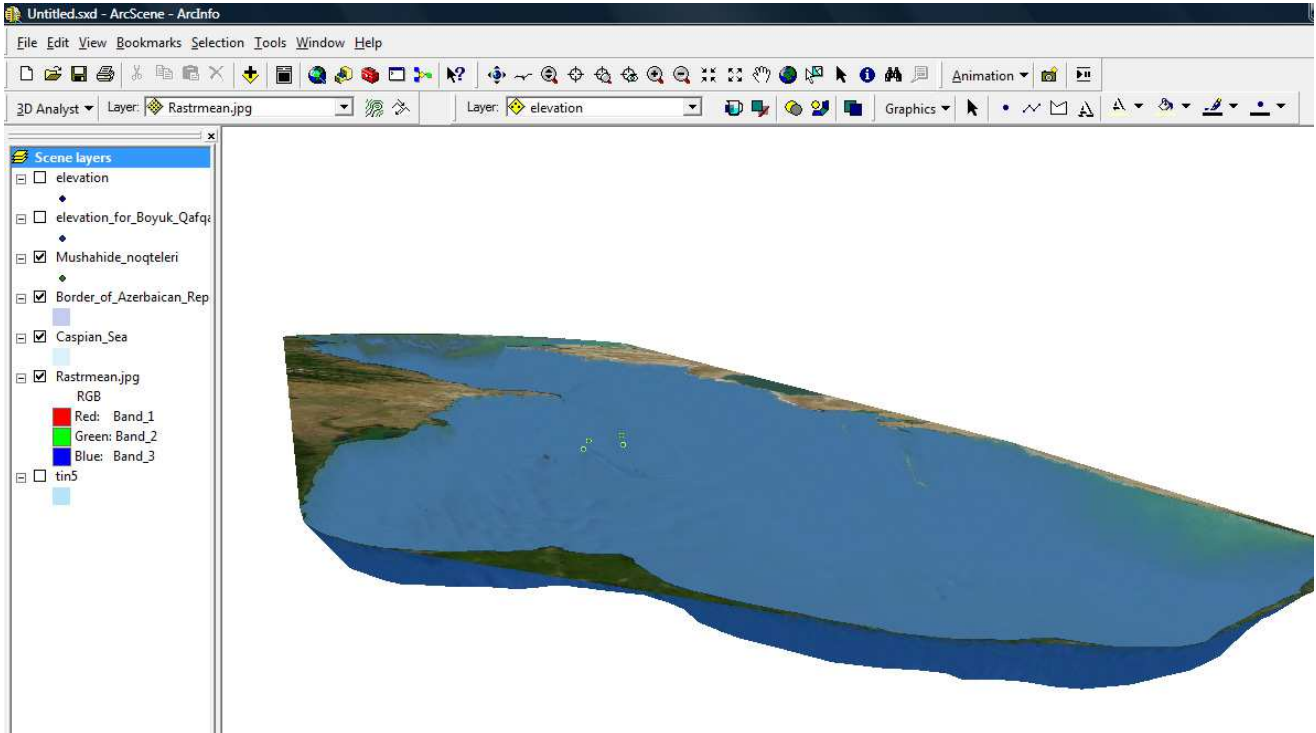


Figure 1. 3D model of Caspian Sea (researche area)

Results

Linear correlation coefficient is usually used to measure link density between the signs in rectilinear correlation. It is calculated with the help of the following formula:

$$p(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y}$$

Here \bar{x} and \bar{y} are the average marks in accordance with X and Y signs, σ_x and σ_y are the average square inclinations.

The decreasing of temperature in the direction to bottom of the sea is observed in 4 points which sample has been taken.

Analysis has been carried by means of the Arc GIS software and then the schedules of the changes of the temperature in the sea towards the depth of each point have been established.

Discussion

The rapid decreasing of temperature up to 50 m depth is observed, as can be seen from schedules. Though, the sharp decrease becomes weak later, the sea water temperature decreases in the depth of 200 m, after 200 m depth temperature remains constant (fig. 2).

It is defined that, the rapid decrease of sea water temperature is observed at initial 20 m and observed decrease in change of speed of temperature while going to deeper. Intensive decrease of sea water temperature has been continued approximately 200 m to depth. Speed of temperature decrease is sharply going down after 200 m. So it is giving ground to say that thermocline depth range is in 200 m in Middle Caspian Sea.

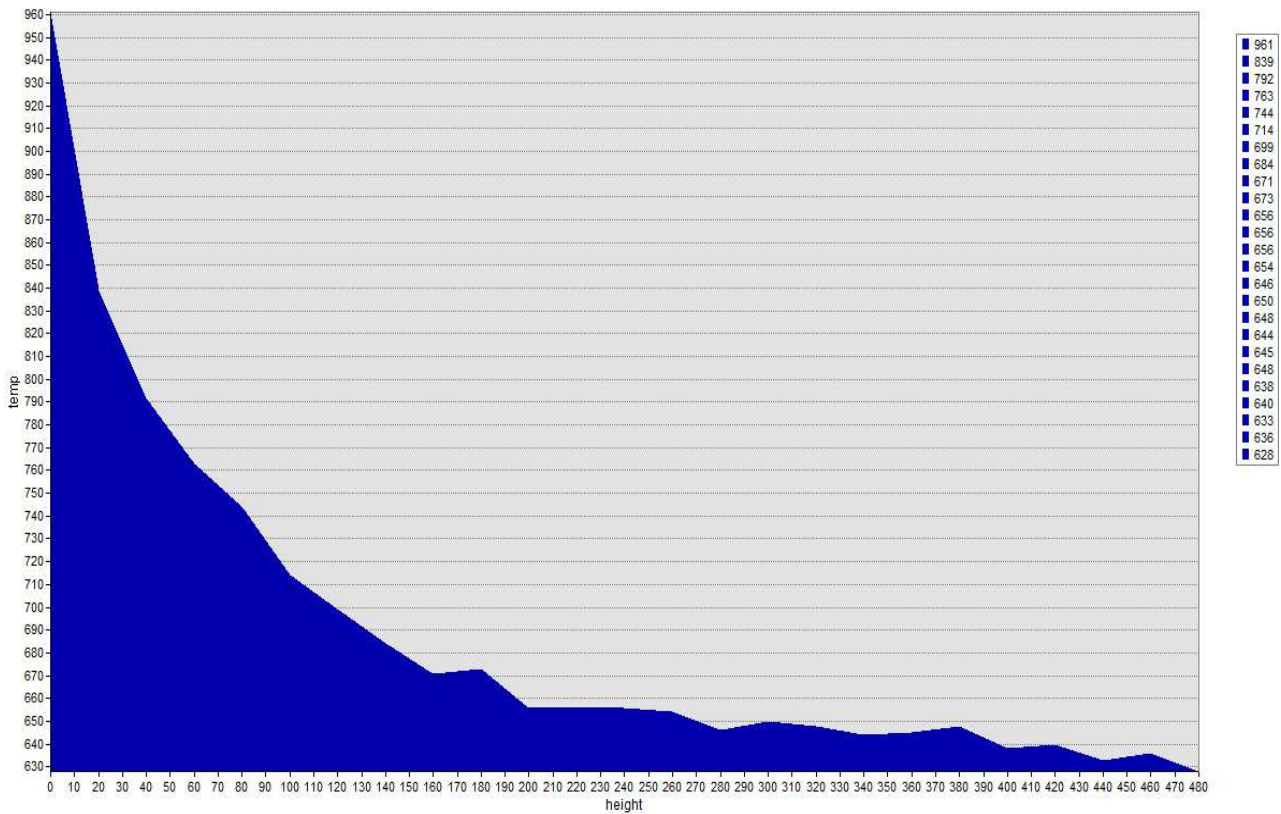


Figure 2. The vertical distribution of sea water temperature

The marks of connection between the depth of the sea Z and the water temperature T presented in the table. The marks of the connections between water temperature and the depth of the sea in 50 m, 100 m, 200 m and 480 m indicates that, the correlation connection is strong in aquatory in 50 m depth of water, the marks of correlation coefficient is going gradually decrease while going to more deep (table 3).

Table 2. Assessment of link density

Density of link	Mark of correlation coefficient	
	Straight link	Stubborn link
weak	0,1-0,3	(-0,1)-(-0,3)
average	0,4-0,7	(-0,4)-(-0,7)
strong	0,8-1,0	(-0,8)-(-1,0)

Table 3. The connection between sea water temperature and the depth in different layers

Sample points	Point Coordinates	50 m	100 m	200 m	480 m
S 01	N 40°02'155" E 50°38'562"	8,43	7,96	7,41	6,86
S 02	N 39°55'391" E 51°08'530"	8,43	7,96	7,40	6,60
S 03	N 39°46'550" E 51°05'362"	8,55	8,02	7,44	6,87
S 04	N 39°53'286" E 50°35'456"	8,59	8,04	7,44	6,86

REFERENCES

1. Dumont, H.J., 1998. The Caspian Lake. History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*. 43(1): 44–52.
2. Kosarev, A.N., 2005. Phsico-geographical conditions of the Caspian Sea. In. The Caspian sea environment. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, part P: 5-31.
3. Kosarev, A.N. and Kostianoy A.G., 2005. Introduction. In. the caspian sea environment. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, part P: 1-3.
4. Zaker, N.H., Ghaffari, P. and Jamshidi, S., 2007. Physical study of the southern coastal waters of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran in Iran. *Journal of Coastal Research (JCR)*, SI 50: 564-569.
5. Panin G.N., Mamedov R.M., Mitrofanov I.V, Present State of the Caspian Sea, Moskow-2006, pp
6. Mamedov R.M, Hydrometeorological variability and ecogeographical problems Caspian Sea, 2007, pp
7. Rajmund Skowron, The thermocline layer in the thermal water structure of selected Polish lakes, *Limnological Review*, 2007, pp 161-169
8. Haijun Yanq, Fuyao Wang. Revisiting the Thermokline Depth in the Equatorial Pacific, *Journal of Climate*, 01.07.2009, pp. 3856-3863.
9. Report of Total and Absheron B.V. – Azecolab, 2010, TEPab-09-04-00. Pp. 63/91-82/91

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ С ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИМ КАНАЛОМ СВЯЗИ ДЛЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ С БУЙКОВЫМИ СТАНЦИЯМИ

Балакин Р.А., Вилков Г.И.

ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»
(ФГБУ «АНИИ»), г. Санкт-Петербург, Россия, metrol@aari.ru

This report offers the methods of acoustic communication channel noiseproof. The acoustic channel is designed for data transmission from the memory of submerged buoy-based station. It shows that multipath propagation and reverberation are the main obstacles to obtaining the intended characteristics of acoustic channel.

В настоящее время в ФГБУ «АНИИ» ведутся прикладные научные исследования по теме «Создание научно-технического задела в области информационно-телекоммуникационных систем с гидроакустическим каналом связи для контроля и оперативной диагностики технически сложных подводных объектов в Арктике и Антарктике», выполняемые в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» по Соглашению о предоставлении субсидии с Минобрнауки № 14.607.21.0009 от 05.06.2014, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60714X0009. Одним из результатов этого проекта является разработка системы с помехозащищенным гидроакустическим каналом связи для обмена информацией с буйковыми станциями.

Притопленные под воду буйковые станции (ПБС) с большим сроком автономной работы находят все более широкое применение для гидрологического и экологического мониторинга морской среды. В состав таких станций входят средства измерений различных гидрологических, гидрохимических и экологических параметров. Результаты измерений записываются в блок памяти и затем, после поднятия станции, считываются в компьютер для обработки и анализа. Постановка буйковых станций на дно моря и их подъем производится судном-постановщиком достаточно большого водоизмещения, поэтому представляет достаточно трудоемкую и дорогостоящую операцию. Возможность считывания информации из блока памяти без подъема буйковой станции является актуальной задачей. Особенно актуально решение данной задачи для длительных автономных станций в замерзающих морях, когда в определенных ситуациях экологическая информация является особенно необходимой, а подъем буйковой станции из-под льда невозможен.

Одним из перспективных вариантов считывания информации из памяти ПБС является использование акустического канала связи [1]. Поскольку объем передаваемой информации порядка нескольких мегабайт, а время сеанса связи лимитировано, технические характеристики канала связи должны удовлетворять определенным требованиям. Основные требования – это помехозащищенность, достаточная скорость и дистанционность передачи цифровых данных. Главным препятствием осуществления надежной акустической связи является многолучевое распространение звука с многократными переотражениями от дна и от поверхности, а также интенсивная реверберация (эхо). Многолучевость и реверберация существенно ограничивают возможную скорость передачи данных и увеличивают вероятность ошибок при приеме. Количественными характеристиками явлений многолучевости и реверберации является статистика распределения энергии между отдельными лучами, временные задержки лучей и длительность реверберации. По соотношению вкладов энергии отдельных акустических лучей различают Рэлеевский и Райсовский законы статистического распределения [2].

Без специальных мер защиты скорость передачи данных в мелководном канале ограничивается значениями 30–50 бит/с при дальности связи 500 м и уровне искажений информации $1 \cdot 10^{-3}$. Такие параметры связи совершенно недостаточны для считывания

данных объемом в несколько мегабайт при допустимом уровне искажений не более $1 \cdot 10^{-6}$. Требуется более высокая скорость передачи, примерно в 100 раз, и повышение помехоустойчивости на три порядка.

С целью уточнения характеристик многолучевости и реверберации нами были проведены экспедиционные исследования в мелководных морях арктического шельфа в 2014 – 2015 г.г. с борта научно-экспедиционных судов “Академик Федоров” и “Академик Трешников”. В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективным способом защиты от помех многолучевости является использование направленных антенн на передающей и приемной сторонах. Антенны должны иметь в горизонтальной плоскости круговую направленность, а в вертикальной плоскости – коническую с углом раскрытия 90° . Направленные антенны позволяют разделить лучи по углам прихода и тем самым значительно уменьшить вероятность интерференции, приводящей к полным замираниям амплитуды сигнала. Но для достижения требуемых технических характеристик канала по другим показателям потребовались дополнительные меры для обеспечения высокой скорости передачи данных и дальность связи. В качестве таких мер были предложены и испытаны специальные методы модуляции и кодирования, которые позволили получить требуемые характеристики. Использован частотный метод модуляции несущей частоты широкополосным псевдошумовым сигналом в диапазоне 60–80 кГц. Прием сигналов осуществлялся корреляционным способом путем сравнения с копией сигнала, записанной в память приемника. Передача данных осуществлялась асинхронным двоичным кодом на стандартной скорости 2400 бит/с в пакетном режиме. Объем одного пакета составлял 1 кбайт. Каждый пакет данных сопровождался дополняющим CRC-полиномом (контрольная сумма), позволяющим обнаруживать одиночные ошибки в пакете. При обнаружении ошибок приемник производил запрос на повтор ошибочного пакета. Такой регламент связи обеспечивает полное отсутствие ошибок, но при неблагоприятных гидрологических условиях резко снижает эффективную скорость передачи данных.

Макетный образец прототипа акустической системы связи, разработанный авторами ранее [3], прошел успешные натурные испытания на антарктическом шельфе в районе поселка Мирный на глубине 30 м. Район испытаний характеризовался ярко выраженными эффектами многолучевости и реверберации. Данные запрашивались и считывались по защищенному от помех акустическому каналу связи из блока памяти гидроакустического уровнемера типа ПРИЛИВ-2. Устройство считывания размещалось на поверхности льда, антенна опускалась в воду через лунку на расстоянии от уровнемера по горизонтали примерно 100 м. Скорость передачи данных составляла 300 бит/с при объеме данных 150 кбайт. Сеанс связи продолжался 10 мин, количество битовых ошибок не превышало $1 \cdot 10^{-3}$. Относительно скромные характеристики макетного образца, не вполне удовлетворяющие заданным требованиям, объясняются, по нашему мнению, отсутствием в составе макета антенны с требуемой диаграммой направленности, и не использованием в алгоритме кодирования защитного CRC-полинома. Таким образом, есть основания предполагать, что усовершенствованная модель акустической системы связи, в которой учтены и исправлены недостатки прототипа, позволит получить запланированные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров Ю.В., Коданов В.П. Экспериментальные исследования акустической системы передачи информации с сигналами // Акустический журнал. 1994, № 5 с. 799-808.
2. Островский А.Г., Зацепин А.Г., Иванов В.Н., Низов С.С., Соловьев В.А., Тимашкевич Г.К., Цибульский А.Л., Швоев Д.А., Кебвал К.Г. Заякоренная профилирующая океанская обсерватория // Подводные исследования и робототехника. 2009. № 2.
3. Vasilescu I., Kotay K., Rus D., Dunbabin M., Corke P. Storage and Retrieval with an Underwater Sensor Network // Proceedings of ACM Sensys 2005, pp. 154-165.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Волгутов Р.В.

ФГБУ "Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии "Планета"
(ФГБУ "НИЦ "Планета"), г. Москва, Россия, post_otdel@rambler.ru

The Sea of Okhotsk – marginal sea in the Far East of Russia, Pacific. In the south-western part of the Okhotsk Sea near the coast there is a group of islands Shantar. Stable ice formation in the area Shantar archipelago begins in early November. Start of melting ice is celebrated in April. The final purification of the ice in the south-western part of the Okhotsk Sea occurs in the month of July.

Охотское море – окраинное море на Дальнем Востоке России, часть Тихого океана. Площадь моря 1,6 млн. км², средняя глубина 1780 метров [1]. Глубокая часть Охотского моря – Курильская котловина, глубина которой составляет 3521 метров. Море значительно вытянуто с юго-запада на северо-восток в пределах сферической трапеции. В юго-западной части Охотского моря вблизи берега расположена группа Шантарских островов. Острова эти гористы, проливы между ними глубокие, берега высокие и скалистые, круто обрывающиеся в море [2].

Устойчивое ледообразование в районе Шантарского архипелага начинается в начале ноября. За последние десять лет, число дней со льдом в среднем составило 231. В декабре акватория полностью замерзает, в это время повсеместно наблюдаются льды большой сплоченности – до 10 баллов. В марте появляется зона с заснеженностью в 3 балла. Максимальная толщина припая за период 2005-2015 г.г. была зафиксирована в апреле месяце и достигла 110 см. Начало таяния ледяного покрова отмечается в апреле. Окончательное очищение льда в юго-западной части Охотского моря происходит в июле месяце. Остаточных льдов до начала нового устойчивого ледообразования не наблюдалось. Таблица 1 отображает даты наступления ледовых фаз по данным ГМС «Большой Шантар» за 10 лет.

Таблица 1 Наступление ледовых фаз на ГМС «Большой Шантар»

Период	Первое появление льда	Полное замерзание	Исчезновение припая	Окончательное очищение	Число дней со льдом
2005-06	23.11	-	23.5	13.7	232
2006-07	11.11	3.12	25.5	7.7	238
2007-08	8.11	-	24.5	1.6	206
2008-09	13.11	-	23.5	7.7	236
2009-10	2.11	3.12	27.5	17.7	257
2010-11	8.11	9.1	21.5	17.6	221
2011-12	13.11	20.12	15.5	17.7	247
2012-13	18.11	25.12	28.5	18.7	242
2013-14	9.11	27.12	14.5	14.7	186
2014-15	10.11	16.12	24.5	21.07	253

Наращение льда в зимний период происходит за счет продолжительной зимы с сильными морозами. В таблице 2 приведены значения температуры воздуха по станции «Большой Шантар». Минимальное значение температуры воздуха на станции было отмечено

23 февраля 2007 года (-57,7), максимальное значение – 9 июля 2015 года (+29,2). Было проведено 27 677 количеств наблюдений на этой станции.

Такие факторы как близость к материку, сильные ветры (23 февраля 2007 года была отмечена максимальная скорость – 48м/с) и низкие температуры приводят к тому, что акватория Шантар освобождается ото льда в последнюю очередь (северные районы очищаются раньше, чем юго-западная часть Охотского моря).

Таблица 2 Температура воздуха (градусы Цельсия) на высоте 2 метра над поверхностью земли на ГМС «Большой Шантар».

Период	Среднее значение (0°С)	Минимальное значение (0°С)	Максимальное значение (0°С)
2005-2015	-3,3	-57,7	+29,2

По суровости ледовых условий Охотское море, в том числе и акватория Шантарских островов сопоставима с арктическими морями. Льды моря имеют исключительно местное происхождение, начиная от блинчатого льда и заканчивая обширными ледяными полями [2]. Формы плавучего льда и их размеры приведены в таблице 3.

Таблица 3 Формы и размеры плавучего льда в Шантарском море

Формы плавучего льда	Размеры плавучего льда
Блинчатый лед	Несколько сантиметров – 3-4 метра
Тертый лед, ледяная каша	< 2 метров
Мелкобитый лед	< 20 метров
Крупнобитый лед	20-100 метров
Обломки ледяных полей	100-500 метров
Большие поля	500-2000 метров
Обширные ледяные поля	2-10 километров

ЛИТЕРАТУРА

1. Наблюдения за ледовой обстановкой (2009). Л.: СПб.: ГУ «ААНИИ». 360 с.
2. Суховой В.Ф. (1986). Моря Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат. 288 с.
3. Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей (2011). Л.: СПб.: ГУ «ААНИИ». 240 с.

ЭЛЕКТРОННЫЙ АТЛАС ПО РЕЖИМУ КАСПИЙСКОГО МОРЯ, СОЗДАВАЕМЫЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ЕСИМО

Воронцов А.А.

ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» Росгидромета, г.Обнинск, Россия, vorv@meteo.ru

The problems of creating modern electronic reference book on marine environment of the Caspian Sea are shown. The paper illustrates the structure of these reference books, shows their focus and uses schemes for solving problems of maritime activities.

Бесспорно, что Каспийское море играет важную роль в своем регионе, что предопределяет необходимость детального изучения и мониторинга изменения климата - одного из ключевых жизнедеятельности прибрежных стран.

Выполнение Федеральной целевой программы «Мировой океан» позволило разработать Единую государственную информационную систему об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) [2], которая обеспечивает как усвоение и накопление данных, так и их обработку и получение новой информации. ЕСИМО представляет собой сложный комплекс развивающихся программно-технологических средств, позволяющий работать с электронными картами и комплексными базами данных, а также решать различные прикладные задачи, связанные с природной средой исследуемого региона или акватории, с использованием математических моделей и методов.

Один из видов выходной продукции ЕСИМО - электронные режимно-справочные пособия (ЭРСП). ЭРСП – это естественное продолжение ранее издававшихся справочников и справочно-климатических пособий в бумажном виде, отличающихся большим разнообразием, как по набору расчетных параметров, так и по масштабам обработки исходной информации (морские гидрометеорологические ежемесячники и ежегодники, справочные пособия по шельфу морей СССР, справочники по климату СССР, монографии по климату отдельных морей и др.).

На начальном этапе было подготовлено статическое ЭРСП по Каспию, в которое были помещены материалы, рассчитанные заранее и занесенные в базу данных системы в виде таблично-графического и тематического картографического материала.

В последующей версии справочника был расширен перечень параметров, характеристик и выходной продукции. Состав параметров в новой версии: температура воды, соленость, содержание кислорода, температура воздуха, скорость ветра, уровень моря, высота волн. Уровень обобщения: многолетний месяц. Эта версия ЭРСП доступна на сайте Центра океанографических данных (ЦОД) ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» по адресу: <http://nodc.meteo.ru/climate/kasp/index.html>

Очередной шаг в развитии электронных справочных изданий – динамически формируемый электронный справочник по морской природной среде Каспия, Этот ЭРСП базируется на одной из ведущих технологий ЕСИМО - технологии подготовки электронных Атласов [1], которая в настоящее время включает в себя информационную базу (исходные, расчетные, модельные и справочные данные), расчетно-модельный комплекс программ получения режимных характеристик, комплексную электронную мультимасштабную картографическую основу и программы формирования выходной продукции. Основа технологии – программно-технологическая среда для хранения, управления и обработки данных (распределенная СУБД) и ГИС для формирования выходной продукции. Реализована технология в клиент-серверном варианте.

В целом, выпущенное справочное издание доступно пользователям на официальном портале ЕСИМО: <http://www.esimo.ru/atlas/kasp/index.html>. В справочнике представлены с максимальной полнотой новые оценки климатических характеристик, включая характеристики изменчивости климата по основным гидрометеорологическим параметрам и оценки трендов важнейших параметров на прибрежных гидрометстанциях. а также

проведены расчеты тренда многолетнего хода среднегодовых высот уровня моря на сети прибрежных станций.

ЭРСП по Каспию находятся в постоянном развитии. В настоящее время новая версия справочника в виде электронного Атласа – это комплексный, динамически обновляемый, георесурс, который объединяет тематические пространственные данные, поступающие от разных ведомств и организаций, под единой веб-оболочкой, настроенной для интерактивного взаимодействия пользователя с пространственными данными. В последней версии применен принципиально новый подход, реализуемый в Атласе благодаря телекоммуникационным технологиям, - это возможность демонстрации оперативных данных, минимальный временной лаг обновления которых может составлять 3 часа (например, оперативные данные наблюдений, поступающие как со стационарных постов, так и с дрейфующих станций).

Основные функции ГИС-Атласа – получение справочной, оперативной, аналитической или прогностической информации по объектам морской среды или морской деятельности в реальном режиме времени в сочетании с возможностью добавлять на карту собственные данные – в конечном итоге предусматривают получение информации по любой морской акватории и/или прибрежной территории в виде триады: обобщение (климат) - текущее состояние (анализ) - прогноз (ожидаемое состояние).

Помимо вышеописанных справочников, ЕСИМО позволило оперативно готовить издания публикуемой части Водного кадастра Российской Федерации - ЕМДМ (ежегодные и многолетние данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек). Для этого используется разработанный в ЦОД комплекс подготовки ЕМДМ в утвержденной номенклатуре и формах в соответствии с Руководящими документами Росгидромета. Табличный материал ЕМДМ содержит выборочные, осредненные и расчетные характеристики гидрометеорологических характеристик (уровень моря, температура воды и воздуха, соленость, волнение, течения, ледовый режим, ветер, давление, облачность) по месяцам и за год за весь период наблюдений и за текущий (расчетный) год. В настоящее время в ЕМДМ по Каспию подготовлен и представлен частью 1 на сайте ЦОД ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»: http://nodc.meteo.ru/emdm/kasp/kasp_EMDM-1.htm.

Различные варианты ЭРСП пользуются повышенным спросом у пользователей продукции ЕСИМО и находят практическое применение. Например, на основе ЭРСП проводится гидрометеорологическое обслуживание для выполнения научных и практических задач. Продукция ЭРСП используется на различных стадиях разработки проектов освоения месторождений и транспортировки нефти и газа, при строительстве различных портовых сооружений, Актуальность ЭРСП по морской природной среде подтверждается постоянно приходящими заявками и запросами потребителей на необходимую им режимно-справочную информационную продукцию в таблично-графическом и картографическом виде. В целом, надо отметить, что применение ЭРСП становится одним из важнейших условий успешного выполнения разного рода работ, связанных с использованием данных и информации о состоянии природной среды морей и прилегающих территорий суши.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронцов А.А. Новая технология подготовки электронных морских Атласов для научной и практической деятельности в Единой государственной системе информации об обстановке в Мировом океане // Успехи современного естествознания. - 2009. - № 8. - С. 82-84.
2. Михайлов Н.Н., Вязилов Е.Д., Воронцов А.А., Белов С.В. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане и ее применение для информационной поддержки морской деятельности Российской Федерации//Тр.ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». - 2014. – Вып.177. – С. 95-118.

СОВРЕМЕННЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

Горелиц О.В., Землянов И.В.

Государственный океанографический институт им.Н.Н.Зубова (ГОИН), Москва, Россия,
gorelits@mail.ru

The results of complex hydrological investigation and field surveys of Lower Volga water objects in 2013-2015 are presented. The characteristic of the modern hydrological regime of the Volga-Akhtuba flood plain is given. The analysis of water discharge distribution at the flood plain channel network in the period of a high water is given. Data on a water flow distribution along the river Akhtuba are obtained.

В 2013-2015 гг., в рамках работ по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по научному обоснованию мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы, специалистами ГОИНа выполнен комплекс полевых исследований гидрологического режима водных объектов Нижней Волги, включая Волго-Ахтубинскую пойму, дельту Волги и Западные подстепные ильмени.

В единой экосистеме *Нижняя Волга–Каспийское море* гидрологический режим водных объектов играет определяющую роль. Межгодовая и сезонная динамика основных параметров гидрологического режима Нижней Волги – стока и уровней воды – является важнейшим фактором формирования гидрологического режима не только Северного Каспия, но Каспийского моря в целом. Колебания уровня Каспийского моря зависят от изменений стока Волги и от режима распределения стока в водных объектах Нижней Волги. Инструментальные гидрологические наблюдения на Нижней Волге были начаты в XIX веке, в настоящее время наблюдения ведутся на 30 гидрологических постах (рис. 1), большая часть которых расположена в дельте Волги, Волго-Ахтубинская пойма до последнего времени оставалась наименее изученной.

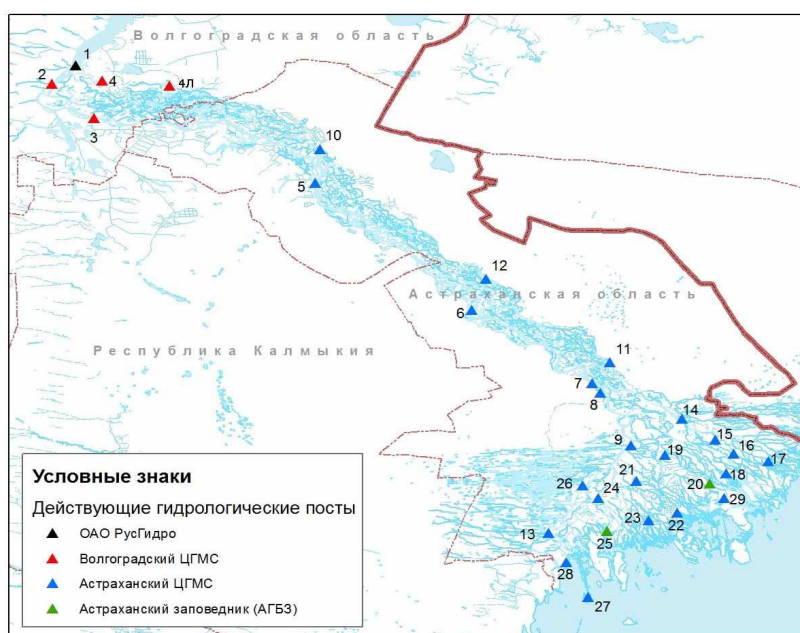


Рис.1 Действующая наблюдательная сеть на Нижней Волге

Комплексные полевые экспедиционные исследования, проведенные специалистами ГОИНа в период половодья 2014 и 2015 гг., позволили оценить современное распределение стока по основным водотокам Волго-Ахтубинской поймы и впервые получить данные об изменении расхода воды рук. Ахтуба по его длине от истока (6,5 км ниже плотины Волжской ГЭС) до устья (слияния с рук. Бузан в вершине дельты Волги).

Для оценки распределения стока в 2014-2015 гг. было измерено более 200 расходов воды в магистральных руслах Волги и Ахтубы, а также в основных протоках Волго-Ахтубинской поймы, по которым происходит водообмен между магистральными руслами. По всей длине магистральных русел и русел основных водотоков были выполнены промерные работы. Для привязки полученных результатов в 2014 г. на 12 временных водомерных постах проводились учащенные измерения уровня воды, в 2015 г. 6 временных постов были оборудованы самописцами уровня воды, которые работали в непрерывном режиме в период половодья.

В рамках комплексных полевых работ впервые были проведены специализированные работы по измерению расходов воды на всем протяжении Ахтубы от истока до устья при максимальных или близких к максимуму уровнях воды на пике половодья, что позволило получить практически полную картину распределения стока по длине водотока (рис. 2).

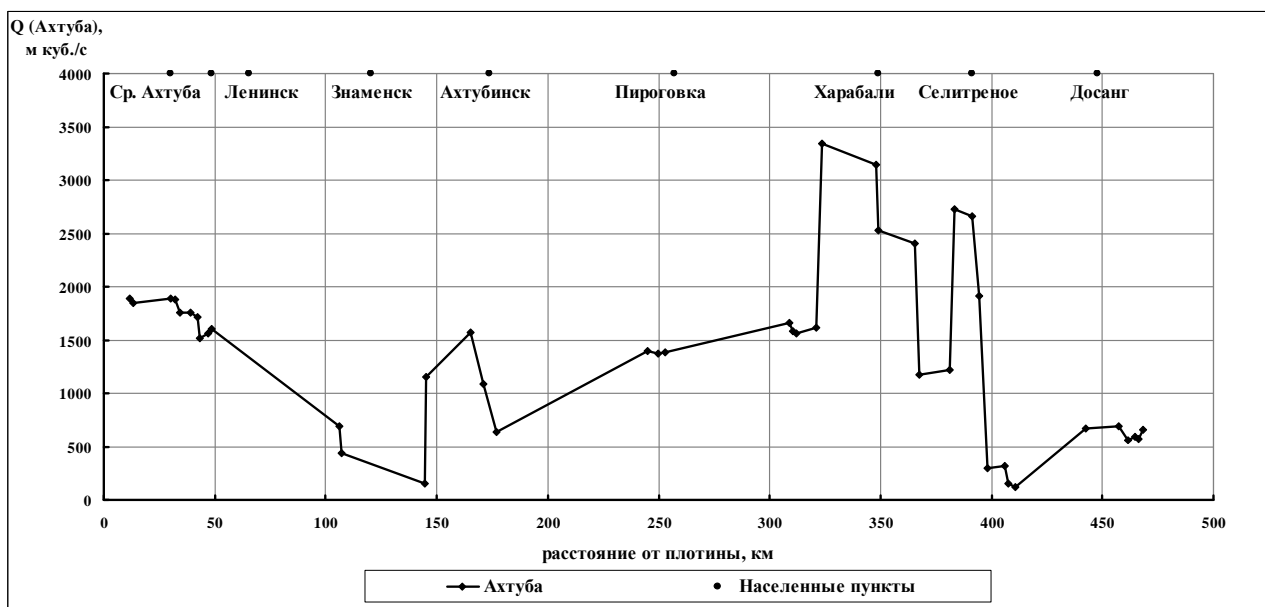


Рис. 2 Распределение расходов воды по длине рук. Ахтуба на пике половодья 2014 г. по данным ГОИНа

Анализ показал, что расходы воды по длине рук. Ахтуба на пике половодья изменяются в широких пределах. На верхнем участке рук. Ахтуба питает Волго-Ахтубинскую пойму, поскольку отметки горизонта воды Ахтубы выше отметок в русле Волги. Ниже по течению в Ахтубу из Волги впадают крупные протоки, расход воды вновь возрастает. В районе с. Харабали расходы воды Ахтубы на пике половодья превышают 3000 м³/с. На участке Харабали-Селитренное в период половодья Ахтуба – полноводная река, ниже по течению правые водотоки вновь возвращают воду в Волгу, на этом участке Ахтуба теряет более 2000 м³/с.

Водный режим Волго-Ахтубинской поймы оказывает значительное влияние на экологическое состояние Нижней Волги и Северного Каспия. Поэтому дальнейшие детальные исследования параметров режима водных объектов Нижней Волги в настоящее время являются актуальными.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Данилов А.И.,

ГНЦ РФ ААНИИ, Санкт-Петербург, Россия

The paper gives an overview of Roshydromet institutions studies and operational activities. In the field of hydro meteorological security of marine economy and population.

В Основах государственной политики РФ в Арктике арктическая зона рассматривается в качестве стратегической ресурсной базы, которая должна обеспечивать потребности страны в углеводородных ресурсах. Приоритетным является освоение ресурсов шельфа, развитие Северного морского пути, обеспечение военной безопасности и сбережение уникальных экологических систем Арктики. Надежная система гидрометеорологического обеспечения является одной из важных задач в решении проблемы защиты населения, сооружений и деятельности от угроз и рисков, которые обусловлены сложными природно-климатическими условиями Арктики, включая современные быстрые климатические изменения.

Научные организации Росгидромета проводят масштабные исследования по информационному обеспечению крупных энергетических проектов на арктическом шельфе, для которых морские льды и айсберги представляют очень серьезную угрозу. ГНЦ РФ ААНИИ провел цикл из пяти экспедиций для Приразломного НМ, семь ледовых экспедиций для проекта Штокмановского ГКМ.

Начиная с 2012 г. ведутся масштабные экспедиционные работы в Карском море на месторождениях «НК «Роснефть». Так в 2013 г. проведены экспедиции на а/л «Ямал», д/л «Капитан Драницын», НЭС «Академик Фёдоров», охватившие период с мая по август месяц. Использовались также пилотируемая (самолёт и вертолёт) и беспилотная авиация.

В экспедиции Лед-Защита-2013 отрабатывались элементы системы защиты сооружений от айсбергов и их обломков. Проводились синхронные наблюдения с борта ледокола «Капитан Драницын», с космических аппаратов, с самолета, вертолета и беспилотной авиации. Этот опыт был использован летом 2014 г. в обеспечении разведочного бурения с платформы West Alfa в Карском море, в результате которого было открыто нефтяное месторождение «Победа».

В апреле-июне 2014 г. состоялась самая продолжительная в истории исследований морской Арктики судовая экспедиция в период максимального развития арктического ледяного покрова (62 суток) на а/л «Ямал». Особое внимание уделялось проблеме айсберговой опасности. Были исследованы дрейф айсбергов, их размеры и ледники, где они образуются. Летом 2014 г. большой объём исследований был выполнен с борта НЭС «Академик Трёшников», в его первом арктическом рейсе.

Большое внимание уделяется изучению климатических изменений в Арктике, которые создают дополнительные риски, но одновременно благоприятствуют развитию морской деятельности, мореплаванию по трассе Северного морского пути. ААНИИ, используя, в том числе, возможности международного сотрудничества, проводит масштабные экспедиционные исследования с борта НЭС «Академик Фёдоров», с дрейфующих льдов и береговых центров. На архипелаге Шпицберген создан Российский научный центр, который существенно расширяет возможность космического мониторинга Арктики.

Исключительно важное значение для России имеют работы по обоснованию внешней границы континентального шельфа. Летом 2014 г. в Северном Ледовитом океане в сложных ледовых условиях с борта НЭС «Академик Фёдоров» проводились геолого-геофизические исследования. Данные наблюдений дают дополнительные аргументы для расширения российского арктического шельфа.

ОЦЕНИВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Любарец Е.П., Евстигнеев М.П.

Севастопольский ЦГМС, г. Севастополь, Россия

Standard climate characteristics inference was tested with respect to global climate tendencies manifested at regional level in Azov-Black sea region. An evident long-term variability of high practical use hydrometeorological parameters was found to produce inadequate estimates while risk assessment and hazard analysis as well as non-stationary climate normals. A number of recommendations were formulated to overcome such a difficulty implying introduction of non-stationary statistical models, specific probability functions and optimal climate normals concept.

Проектирование и строительство в прибрежной зоне, как в целом вся морехозяйственная деятельность, сопряжена с оцениванием возможных рисков, возникающих, в том числе, благодаря неблагоприятным гидрометеорологическим явлениям. В этой связи в инженерных изысканиях основным типом информации о фоновых и неблагоприятных гидрометеорологических условиях являются оценки различных статистик: стандартные (средние, максимальные, минимальные и др.) и рассчитанные по кривым эмпирических распределений соответствующих параметров (расчет параметров редкой повторяемости). Существующие практические рекомендации по расчету климатических характеристик основываются на предположении о стационарности случайных процессов, формирующих выборку гидрометеорологического элемента. Однако наблюдаемое в последние десятилетия изменение климата на глобальном и региональном масштабах указывают на несостоятельность такого допущения. Всё большее количество отечественных и зарубежных исследователей приходят к мнению, что существующие методы расчета требуют пересмотра в свете наблюдаемых климатических тенденций. В качестве альтернативных предлагается использовать те методы, которые основываются на нестационарных статистических моделях или специфических функциях распределения гидрометеорологических параметров.

Насколько критическим является использование климатических показателей, рассчитанных без учета долговременных климатических тенденций можно судить на примере побережья Азово-Черноморского бассейна. Согласно данным многолетних наблюдений многие гидрометеорологические элементы в регионе имеют выраженную многолетнюю изменчивость. Например, отмечается устойчивая тенденция к потеплению климата [1], хотя изменение приземных температур воздуха от сезона к сезону происходит неравномерно [3]. Наиболее яркая тенденция отмечается для температуры воздуха холодных месяцев года. Отмечены особенности многолетних изменений аномальных (10% и 90% квантили распределения) температур воздуха [3].

По всему региону отмечается уменьшение среднегодовых скоростей приземного ветра [1], что согласуется с повсеместным уменьшением скорости ветра второй половины XX века во всем Северном полушарии [5]. Глобальные климатические тенденции проявляются также в характеристиках ветрового волнения. В недавнем исследовании [4] был установлен квазипериодический характер изменчивости максимальных высот волн в Черноморском регионе с временным масштабом порядка 50 лет. Начиная с середины 20-х годов XX века, отмечается отчетливая тенденция к повышению уровня Черного моря, что, наряду с другими факторами, приводит к деградации побережий, например, в районе Одессы и Каламитского залива [2].

В настоящей работе показано, что пренебрежение фактора изменения климата в регионе и сопряженной с ними нестационарностью временных рядов ведет к неверным

оценкам климатических показателей. Расчет по данным наблюдений в Азово-Черноморском регионе показал, что при использовании стандартной методики ошибка в оценке скоростей редкой повторяемости, возможных один раз в 1,5, 10 лет, может достигать ± 5 м/с. Для оценок 50- и 100-летних скоростей отклонения могут превышать 5 м/с и достигать значений 6-8 м/с. Касаясь характеристики волнения, даже для высот волн с периодом повторяемости 1 год возможны отклонения до ± 1 м. Максимальные отклонения в оценках составили ± 2 м. Отмечаются отклонения при оценке характеристик штормов в прибрежной зоне в случае принятия гипотезы об их стационарности.

Помимо расчета вероятностных характеристик проблемной оказывается оценка климатических норм. В настоящее время эта «классическая» характеристика подвергается пересмотру, причем не столько само понятие «норма» как важной климатической переменной, в известной степени, являющейся обобщением (осреднением) изменений погоды в данной области пространства, сколько период лет, необходимый для ее расчёта. Основная причина заключается в том, что вследствие наблюдаемых изменений климата, стандартная 30-летняя норма (например, рассчитанная за период 1961-1990 гг.) теряет свойство характеризовать фоновые климатические условия в регионе. В этой связи предлагается использовать 30-летние нормы, обновляющиеся каждые 10 лет, или оптимальные климатические нормы, со специально подбираемым периодом осреднения меньшим 30 лет [6].

В настоящей работе дано обоснование использования оптимальных климатических норм наряду со стандартными. Сформулированы рекомендации по представлению климатических норм, которые могут быть полезны при составлении справочников, каталогов ежегодных и многолетних выпусков Государственного водного кадастра (ГВК) по данным морских прибрежных наблюдений, а также справочных материалов, подготовленных непосредственно по запросам потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2 Черное море. // Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Горячкин Ю.Н., Дьяков Н.Н., Кубряков А.А., Станичный С.В.; МЧС и НАН Украины, МО УкрНИГМИ. Севастополь, 2012. – 420с.
2. Ю.Н. Горячкин, В.А. Иванов Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с.
3. Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Евстигнеев М.П., Лемешко Н.А. Физико-географический фактор сезонного распределения линейных трендов температуры воздуха на примере Азово-Черноморского побережья // Метеорология и гидрология. – 2015, в печати.
4. Polonsky A. et al. Low-frequency variability of storms in the northern Black sea and associated processes in the ocean-atmosphere system / A.Polonsky, V.Evstigneev, V.Naumova, E.Voskresenskaya // Reg. Environ. Change. –2014. – Vol.14, No.5. – P.1861-1871.
5. Vautard R. et al. Northern Hemisphere atmospheric stilling partly attributed to an increase in surface roughness // Nat.Geosci. – 2010. – V.3. – P.756-761.
6. Wilks D.S. Statistical significance of long-range “Optimal climate normal” temperature and precipitation forecasts // J. Climate. – 1996. – V.9. – P.827-839.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Ивкина Н.И.

Республиканское государственное предприятие «Казгидромет», Алматы,
Республика Казахстан, n_ivkina@mail.ru

Research of the ice regime in northeast part of the Caspian Sea is presented. This paper discusses the ice conditions in the Caspian Sea and duration of ice phases according to the Kazakhstan marine stations making observations over an ice situation during the period from the beginning of the ice phenomena in the fall before their termination are determined in the spring.

Ежегодно на Северном Каспии устанавливается мощный, устойчивый ледяной покров, отличающийся большой динамичностью. Он препятствует нормальному судоходству, способствует разрушению береговых гидротехнических сооружений. Ледяной покров, образующийся у берегов и в открытых районах Каспийского моря, оказывает значительное влияние на работу различных отраслей хозяйственной деятельности, связанной с морем, что диктует необходимость глубокого анализа ледовых условий. Исследование ледовых условий чрезвычайно важно для многих отраслей хозяйства региона, так как позволяет разрабатывать рекомендации по возможности проведения морских операций в ледовый период и разрешению экстремальных ситуаций. Кроме того, районы сплоченных льдов являются местообитаниями высокой чувствительности для популяции каспийских тюленей. Поэтому исследования ледовой обстановки позволяет определить характер зим, приводящих к нарушению экологических условий существования вида.

Северо-восточная мелководная часть Каспийского моря замерзает ежегодно, в средней части лед появляется вдоль побережий лишь в суровые зимы. В холодные и экстремально холодные зимы припайный лед может устанавливаться до изобаты 20 м.

В средние по суровости зимы ледяной покров в Северном Каспии сохраняется 3...4 месяца. В аномально холодные зимы ледовый сезон увеличивается до 4...6 месяцев, в аномально теплые зимы ледяной покров на большей части акватории Северного Каспия сохраняется менее 2...3 месяцев.

Как показали исследования, продолжительность ледового сезона по данным в гидрометеорологической морской станции Пешной (табл. 1) за период с 2005 по 2015 гг. достигала около 156 дней (суровая зима 2011-2012 гг.) 96 дней (мягкая зима 2003-2004 гг.). Необходимо отметить, что продолжительность ледового покрова неодинакова для различных участков Каспийского моря. В таблице представлена оценка ледовых условий у побережья моря по продолжительности ледового периода, числу дней со льдом и с припаем в нормальные (средние по ледовитости) и экстремальные зимы. Число дней со льдом несколько меньше продолжительности ледового периода при любом типе ледового сезона.

Таблица 1 Многолетние характеристики продолжительности ледовых явлений в северо-восточной части Каспийского моря за период с 1981 по 2015 гг.

Станция	Продолжительность ледового периода, сут.		Число дней со льдом		Число дней с припаем	
	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.
Северный Каспий						
М Пешной	156	94	156	94	140	2
МГ Кулалы, остров	118	2	85	2	65	1

Средний Каспий						
МГ Форт-Шевченко	109	1	90	1	86	1
МГ Актау	82	1	82	1	82	1

У побережья Среднего Каспия в умеренные зимы местный лед наблюдается около месяца. В аномально холодные и ледовитые зимы он сохраняется 2...3 месяца и более. В теплые зимы лишь у побережья зал. Александр-бай ледовый период может продолжаться не более месяца. На остальных участках побережья Среднего Каспия в теплые зимы лед не образуется.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ ВОЛНОВОЙ КЛИМАТ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Лопатухин Л.И.^{1,2}, Бухановский А.В.²

¹*Санкт-Петербургский Государственный университет. Кафедра Океанологии, Санкт-Петербург, Россия, leonid-lop@yandex.ru*

²*Санкт-Петербургский Государственный университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия. avb_mail@mail.ru*

Continuous 40 year wave hindcasting is performed for the whole Caspian Sea with spatial details for shallow northern part. Variable (due to both storm surges and long-term variations) depths are used. Extreme and operational wind and wave statistics (including climatic spectra and joint distributions) are calculated.

По физико-географическим и морфологическим особенностям Каспийское море подразделяют на три больших района: северный, средний и южный. Точную границу Северного Каспия, отделяющую его от Среднего, проводят по разному; в фундаментальных справочниках по режиму ветра и волнения, изданных Российским Регистром [1,3] и картах волнения, опубликованных Министерством Обороны СССР [2], граница между северным и средним Каспием проходит по широте 45° с.ш. Северный Каспий в упомянутых изданиях, представлен *одним* большим районом. Условия волнообразования любой акватории связаны с прохождением барических образований, (синоптическая изменчивость), годовой ритмикой (сезонная изменчивость) и долгопериодными вариациями циркуляционных процессов (межгодовая изменчивость). Сложившаяся практика проектирования и эксплуатации судов и средств океанотехники подразделяет режимные характеристики ветра и волн на экстремальные и оперативные. Первые определяют так называемый режим выживания сооружения или судна, а вторые – режим их повседневной эксплуатации.

Потребности мореплавания, судостроения и освоение шельфа повысили требования к информации о режиме ветра и волнения, т.к. необходимы более детальные, чем ранее, сведения о режиме ветра и волнения и разнообразная номенклатура данных. Удовлетворить эти потребности стало возможным за счет использования современной информационной базы данных, совершенствования и разработки методов гидродинамического и вероятностного моделирования полей ветра и волн, а также за счёт использования современных компьютерных технологий.

В мировой практике расчет волнового климата базируется на трех основных принципах [4]:

- получение базы данных путем расчетов волнения по гидродинамическим моделям;
- расчет статистических характеристик ветра и волнения по вероятностным моделям;
- использование высокопроизводительных компьютерных технологии, позволяющих в разумные сроки создать массивы данных за несколько десятков лет.

Указанный подход получил наибольшее распространение во всем мире (в том числе в России), признан, одобрен и реализован при решении многочисленных научных и

прикладных задач. Результаты специализированных инструментальных измерений волнения, имеют ограниченную продолжительность и поэтому применяются для проверки численных моделей расчета волнения и решения некоторых других задач исследования волнового климата. Используемые гидродинамические модели волнения основаны на решении уравнения баланса волновой энергии в спектральной форме, поэтому их называют спектральными, а волновой климат на основе результатов такого моделирования — «спектральным волновым климатом».

Кроме межгодовых колебания уровня (известных по многочисленным публикациям), на Северном Каспии изменения уровня связаны со штормовыми нагонами — сравнительно короткопериодными колебаниями, возбуждаемыми устойчивыми штормовыми ветрами. Обширные мелководья и малые уклоны дна Северного Каспия приводят к тому, что сгонно-нагонные колебания уровня, могут достигать нескольких метров. В мелководной северной части уровень может повышаться на 2,5 – 3,0 м, а при сгонах — понизиться на 1,0 – 2,5 м. Из-за мелководности акватории величина сгонов и нагонов сопоставима с абсолютной глубиной моря, что сказывается на оценках параметров волн. По этой причине при расчете волнения учитывалось изменение уровня моря. Для расчета волновых параметров Каспийского моря использована нелинейная нестационарная численная гидродинамическая модель SWAN в версии 40.85, признанная международной общественностью, опробованная на различных природных объектах и в течение многих лет используемая для расчетов и прогнозов волнения в Мировом океане.

Принципиальная схема расчета волнового климата Каспийского моря включает следующие основные этапы:

1. подготовку входной информации для расчетов волнения: полей ветра и ледовой информации, полей переменных глубин (на каждый синоптический срок) для мелководной акватории (с использованием гидродинамических моделей расчета уровня моря);
2. на сетке 126 x 216 = 27216 ячеек с пространственным шагом 3 мили и шагом по времени 15 мин рассчитывались ветер и волнение по всему морю;
3. на основе результатов расчетов, указанных в п. 2, выполнялся детальный расчёт волнения для северного Каспия.
4. обобщение результатов численных гидродинамических расчетов посредством вероятностных моделей.

В результате, для множества расчётных точек, включая известные месторождения углеводородов, получен широкий набор оперативных и экстремальных статистик волнения. В частности, климатических спектров (включая параметры аппроксимации до вероятности 1 раз в 100 лет), высот волн, их периодов, длин и т.п. В таблице 1 приведен пример оценок высот волн возможных на различных глубинах 1 раз в год, 5, 10, 25, 50, 100 лет.

Таблица 1 Значительные высоты волн (м), возможные 1 раз в год, 5, 10, 25, 50, 100 лет на различных глубинах в Северном Каспии

Глубины, м	1	5	10	25	50	100
15	4.0	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7
13	3.2	3.5	3.7	4.0	4.1	4.3
5	1,6	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1

ЛИТЕРАТУРА

1. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные. /Ред. И.Н. Давидан, Л.И. Лопатухин, В.А. Рожков. – 1974, Л. “Транспорт”, 359 с.

2. Карты волнения Каспийского моря// В: “Гидрометеорологические карты Каспийского моря”. (Авт. Л.И. Лопатухин). Л. ГУНиО МО СССР, 1988.
3. Лопатухин Л.И., Бухановский А. В., Дегтярев А.Б., Рожков В.А. Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей. // Российский Морской Регистр Судоходства. 2003. 213 с.
4. Лопатухин Л.И. Ветровое волнение. «Учебное пособие». 2-е дополненное издание. Изд. Санкт Петербургского Государственного университета. Санкт-Петербург 2012. 165 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ И МОНИТОРИНГА СТАМУХ В КАСПИЙСКОМ МОРЕ ПО СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ВЫСОКОГО И СРЕДНЕГО РАЗРЕШЕНИЯ

Максимов А. А.

*ФГБУ “Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии “Планета”,
Москва, Россия, Artem13w@yandex.ru*

Grounded hummock – hummocky ice formations embedded in the ground are common in the northern part of the Caspian Sea. During its existence grounded hummock causes plowing of the sea bottom. Nowadays grounded hummocks can be detected based on satellite images of high and moderate resolution. A distinct feature of grounded hummock is constancy of its geographical location. The information received by State Research Center for space hydrometeorology "PLANETA" as a result of satellite monitoring is systemized based on the following parameters: geographical coordinates, location and time of detection, lifetime, linear dimensions and other characteristics.

Стамухи – торосистые ледяные образования, внедренные в грунт, широко распространены в Северной части Каспийского моря. Они могут формироваться как в виде одиночных ледяных образований, так и в виде небольших групп или скоплений [3]. Стамухи формируются преимущественно на мелководье.

Механизм возникновения стамух связан с процессами торосообразования. Наиболее крупные торосы под воздействием силы тяжести разрушают основание льдины, на которой они образовались, и внедряются в грунт морского дна на глубину до одного метра. Глубина их проникновения в грунт зависит от физико-механических свойств грунта, массы стамухи, площади соприкосновения и глубины моря [1]. Со временем вокруг стамухи может быть образована зона неподвижного или малоподвижного льда. В зимний период времени на Каспийском море под воздействием сильного ветра возникают интенсивные подвижки дрейфующего льда, который взаимодействуя со стамухой (или с зоной неподвижного льда вокруг стамухи), может вызывать ее небольшое перемещение, сопровождающееся пропахиванием грунта морского дна. В период очищения акватории моря ото льда стамухи исчезают из акватории на 4-7 дней позже дрейфующего льда. Именно в это время они начинают всплывать и дрейфовать по направлению ветра и течений. Во время своего передвижения стамухи вызывают экзарацию (пропахивание) грунта морского дна. Появляется опасность столкновения стамух с гидротехническими сооружениями и повреждения ими положенных по дну трубопроводов и кабелей связи [2]. Местами наибольшего распространения стамух в восточной части Северного Каспия являются мелководный Бузачинский порог и зона с глубинами от 2 до 5 м. В западной части такие стамухи наиболее распространены в районах мелководных банок. В суровые зимы подавляющее количество стамух образуется в западной части Северного Каспия, в то время как в восточной их образованию препятствует прочный припай. В мягкие зимы, наоборот, так как на западе льда бывает очень мало. В умеренные зимы стамухи образуются повсеместно. Распространение стамух в районы с большими глубинами ограничивается осадкой торосистых льдов, т.е. той максимальной глубиной, на которую простираются их

подводные части – кили. Она составляет, как правило, 5-6 метров. Максимальная глубина, на которой было документально зарегистрировано образование стамух в Каспийском море, составляет 12 метров [1]. В частности, в рамках сотрудничества с НК ОАО «ЛУКОЙЛ» кооперация организаций Росгидромета (НИЦ «Планета», Гидрометцентр России, ААНИИ и ГОИН) в 2008 г. выполнила комплексные исследования гидрометеорологической и ледовой обстановки в районе нефтегазового месторождения им. В. Филановского в северо-западной части шельфа Каспийского моря. При проведении ледоисследовательской вертолетной экспедиции было обнаружено 12 стамух в непосредственной близости от пункта расположения нефтяной платформы. Одна из стамух имела огромные размеры. Длина её составляла ~300 м, ширина не менее 80 м, высота паруса стамухи 8,2 м при глубине места 5,7 – 5,9 м и максимальной глубине внедрения в грунт 0,8 м. Максимальная толщина стамухи превысила 14 метров. Во второй половине марта 2008 г. проводилась судовая экспедиция по изучению экзарации грунта морского дна от воздействия ледовых образований.

Результаты обработки гидролокационных изображений показали наличие четко выраженных в рельефе дна борозд и систем борозд выпахивания, образованные дрейфующими торосами и стамухами. Всего на трассе трубопровода, от нефтяной платформы до выхода на берег в Республике Калмыкия, было идентифицировано 238 борозд и систем борозд. Длина наиболее крупных и четко выраженных достигала нескольких километров, ширина единичных борозд – до 5 м, систем борозд – 200 м. Предварительные оценки показывали, что глубина борозд доходила до 0,7 м [4].

В настоящее время стамухи могут быть обнаружены по спутниковым снимкам высокого и среднего разрешения. Отличительным признаком стамухи является постоянство её географического положения. Для обнаружения стамух могут быть использованы косвенные демаскирующие признаки наличия стамухи, например шлейф или канал открытой воды [3]. При подвигах льда с подветренной стороны стамухи образуется так называемая «водяная тень». Во время интенсивного дрейфа льда стамуха, являясь неподвижным препятствием, как ледокол крушит ледяные поля. В результате торошения происходит увеличение её размеров, а с противоположной стороны стамухи образуется канал во льду протяжённостью иногда до километра и более [1]. После весеннего очищения моря ото льда наиболее крупные стамухи ещё некоторое время существуют среди чистой воды, что позволяет обнаружить их на спутниковом снимке и зафиксировать географические координаты.

При осуществлении в ФГБУ «НИЦ «Планета» ежегодного мониторинга ледовой обстановки Каспийского моря в 2015 году, по спутниковой информации высокого и среднего разрешения, было выявлено 76 стамух, все они находились в северной части моря, в том числе вблизи большого нефтегазового месторождения Кашаган. Для обнаружения стамух использовались данные КМСС (Комплекс многозональной спутниковой съёмки) спутника «Метеор-М» №2, OLI (Operational Land Imager) КА Landsat-8 и MODIS серии спутников EOS (Terra, Aqua). Вся информация о стамухах, полученная по данным спутникового мониторинга, систематизирована по следующим параметрам: географические координаты, место и время обнаружения, время существования, линейные размеры и др.

Все изложенное свидетельствует о необходимости учитывать воздействие стамух при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений в Каспийском море. Для того чтобы исключить или уменьшить угрозу от воздействия стамух необходим регулярный спутниковый мониторинг с использованием информации высокого разрешения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. Каспийское море: Экстремальные гидрологические события. – М.: Наука, 2007. 381 с.
2. Опасные ледовые явления для судоходства в Арктике (монография) / Под редакцией доктора географических наук Миронова Е.У. – СПб.: ФГБУ «ААНИИ», 2010. 319 с.

3. Спутниковые методы определения характеристик ледяного покрова морей (практическое пособие). – СПб.: ФГБУ «АНИИ», 2011. 239 с.
4. Фролов А.А., Асмус В.В., Землянов И.В., Зильберштейн О.И., Кропотынцева В.А., Мартыщенко В.А., Миронов Е.А. Комплексные исследования гидрометеорологической и ледовой обстановки в северо-западной части шельфа Каспийского моря на основе данных спутниковых и экспедиционных наблюдений и модельных расчетов // Метеорология и гидрология. – 2009. - №3. – С. 20-34

ЛИТОДИНАМИКА БЕРЕГА И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИСАХАЛИНСКОГО ШЕЛЬФА (ОХОТСКОЕ МОРЕ, КИРИНСКАЯ ПЛОЩАДЬ)

Миронюк С.Г., Скворцов С. В.

ООО «Газпром инжиниринг», Москва, Россия, mironyuk.sg@gaz-eng.ru

The paper deals with the results of research of lithodynamic coast and the north-eastern part of Sakhalin Island shelf (Sea of Okhotsk, Kirinskaya area). The hydrological regime of the Okhotsk Sea shelf is presented. The description of bottom accumulative forms of relief is given. The quantitative characteristics of sea bottom deformation are presented in this paper.

В соответствии со своим географическим положением Охотское море относится к окраинным морям смешанного материково-океанического типа. Море отличается высокой штормовой активностью, обусловленной прохождением здесь циклонов (иногда тропических - тайфунов). Значительные размеры Охотского моря, частые и сильные ветры над ним обуславливают развитие крупных волн высотой до 8 м и более. Охотское море – приливное. Приливные течения на северо-восточном шельфе о. Сахалин имеют аномально большие скорости (более 100 см/с), при этом вдольбереговые составляющие скорости течений в несколько раз превышают поперечные. Вдоль северо-восточного побережья о. Сахалин проходит холодное Восточно-Сахалинское течение (ВСТ). Прибрежная ветвь этого течения движется на юг со средней скоростью 25–35 см/с. Средние скорости непериодических течений составляют в поверхностном слое 20-30 см/с, а максимальные величины скоростей, обусловленные усилением ветра во время прохождения осенних циклонов, могут достигать 46-75 см/сек. Суммарные течения могут превышать 200 см/с. Эти факторы, а также преимущественно песчаный состав донных отложений определяют высокую интенсивность литодинамических процессов в описываемом районе.

Береговая абразия, штормовые деформации дна, размыв обваловок и грунтов обратной засыпки заглубленных трубопроводов, грунтовых оснований трубопроводов расположенных на дне могут привести к оголению и провисанию трубопровода и, как следствие, вызвать гидродинамическую неустойчивость трубопроводов к поперечным смещениям, повысить вероятность их механического повреждения ледяными образованиями, траловыми досками, якорями и т. д.

С целью определения средних и экстремальных значений различных параметров гидрометеорологического режима в районе обустройства Киринского газоконденсатного месторождения (КГКМ) в 2010 г. ООО «Питер Газ» были выполнены инженерно-гидрометеорологические изыскания, в том числе литодинамические исследования.

Изучение динамики донного рельефа, осуществлялось комплексом методов, включая сбор и обобщение публикаций [1,2] и фондовых материалов, натурные береговые наблюдения, изучение спутниковых и аэрофотоснимков, отбор проб и определение гранулометрического состава отложений пляжа, осушки и подводного склона, гидролокацию бокового обзора, математическое моделирование гидро- и литодинамических процессов (работы выполнялись главным научным сотрудником ИО РАН Леонтьевым И. О.) и др.

Выполненные исследования показали следующее. В районе работ отмечены три типа берега: аккумулятивный, стабильный (преобладающие типы) и абразионный. В основном преобладают пляжи полного профиля, сложенные песком средней крупности с включением гравия и гальки. Ширина пляжей колеблется от 10-15 до 110 м. Минимальная ширина пляжа характерна для абразионного типа берега. В тыловой части пляжа встречаются фрагменты штормового вала высотой до 2,2 м. Выше прослеживаются низкая современная терраса высотой до 4 м и шириной до 40-50 м и, на отдельных участках, на ее мористой стороне молодая авандюна высотой 1-2 м. Повсеместно развит клиф с относительной высотой 1,8-2,8 м, который отделяет описанную террасу от среднеголоценовой прибрежно-морской террасы высотой 5-10 м, состоящую из береговых валов. Она, в свою очередь, примыкает к отмершему клифу, выработанному в породах верхнего миоцена. Активный клиф постепенно отступает в сторону суши. Мониторинг динамики берега в течение неполных двух месяцев показал, что максимальная величина его отступления составила 1,2 м. Средняя же скорость абразии берега, оцененная по результатам дешифрирования разновременных космических снимков и аэрофотоснимков в зависимости от типа берега, составила 0,0 до 0,44 м/год.

По результатам моделирования, с учетом современной скорости подъема уровня Мирового океана, отступление берега по оси морского трубопровода, за период эксплуатации, может составить 20 м, что приведет к углублению дна в точке современного уреза на 1 м.

Основными элементами рельефа шельфа считаются генетически однородные поверхности: аккумулятивные, абразионно-аккумулятивные и абразионно-денудационные осложненные донными формами различного масштаба и генезиса (песчаными грядами, волнами, мегарифелями, рифелями) (рис. 1).

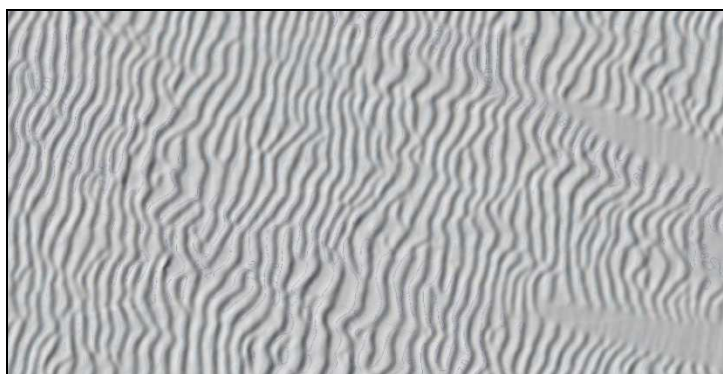


Рис. 1. Поле мегарифелей на площади КГКМ

Характерные размеры аккумулятивных форм вызывающих наиболее значительные деформации дна моря приведены в работе [1]. Для оценки потенциальных деформаций дна по трассе трубопровода, пересекающего шельф и береговую линию было использовано математическое моделирование гидро- и литодинамических процессов [3].

Основные результаты проведенного исследования сводятся к следующему. Интенсивность литодинамических процессов в районе изысканий очень высокая. Штормовые деформации дна на глубинах менее 7 м находятся в пределах от -1,0 до +1,4 м. В этой зоне также проявляются деформации, связанные с миграцией подводных валов. Их величина оцениваются в среднем как $\pm 1,5$ м. Наиболее существенным фактором изменений глубин в зоне пляжа является перемещение вдольбереговых песчаных волн (крупномасштабных фестонов). Соответствующие амплитуды деформаций при этом составляют ± 2 м, а максимальное углубление дна на урезе оценивается как 4 м (если в начальный момент урез находился на гребне волны). Во внешней части береговой зоны (глубины от 7 до 15 м) деформации сравнительно небольшие и не превышают 1 м. В относительно глубоководной области за пределами береговой зоны главным фактором

деформаций является перемещение волнообразных донных форм, что на глубинах более 50 м может повлечь за собой образование свободных пролетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белошапков А.В., Гордин А.И., Ильин В.В., Путов В.Ф. Аккумулятивные формы прибрежной зоны и шельфа северо-восточного Сахалина // Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке. М.: ГЕОС, 2001. с.126-140.
2. Бровка П.Ф., Володарский А.Н., Микишин Ю.А. Динамика рельефа лагунного побережья Сахалина //Экзогенное рельефообразование на Дальнем Востоке: Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 102-111.
3. Леонтьев И.О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: ГЕОС, 2001. 272 с.

КОМПЛЕКСНЫЕ ЛЕДОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЛИЦЕНЗИОННОМ УЧАСТКЕ «СЕВЕРО-КАСПИЙСКАЯ ПЛОЩАДЬ» В 2014-2015 ГГ.

Непоменко Л.Ф.

*ООО «Научно-исследовательский институт проблем Каспийского моря»,
Астрахань, Россия, iprocam@mail.ru*

The paper provides an overview of studies of ice conditions at the license site «North-Caspian area» in the Northern Caspian in the past two years.

Ледяной покров, ежегодно устанавливающийся на лицензионном участке «Северо-Каспийская площадь», расположенном в северной части Каспийского моря в мелководной зоне устьевого взморья Волги, осложняет проведение геологоразведочных работ и представляет угрозу для нефтегазопромысловых сооружений.

В умеренные и суровые зимы этот покров достигает значительной толщины, характеризуется высокой торосистостью, образованием гряд торосов, стамух, дрейфующих при нагонных повышенных уровнях моря и представляющих угрозу надводным сооружениям и подводным коммуникациям.

В последнее десятилетие достижение характеристик, близких к экстремальным, и увеличение их повторяемости происходит на фоне заметных перестроек в макроциркуляционных процессах. Эти перемены являются следствием антропогенных изменений климата и, возможно, процессов, происходящих в ближнем космическом пространстве.

К примеру, если в последней четверти XX века не отмечалось суровых и очень суровых зим, то в 2012 г. мы наблюдали первую в новом столетии суровую по температурным и ледовым условиям зиму на Каспии, при которой дрейфующий лед распространялся до Апшеронского полуострова, а в Махачкале ледяной покров покрывал акваторию до горизонта.

При этом, как выяснилось в результате анализа зим 2001-2015 гг. не прослеживается периодичность в чередовании зим разной степени суровости. В этот период, включая зиму 2013-2014 г., каждая умеренная и суровая (2012 г.) зима чередовалась с одной-двумя мягкими. Это дало нам определенные основания ожидать умеренных и суровых условий зимой 2015 г.

Сроки ледовых фаз для лицензионного участка ООО «Каспийская нефтяная компания» зимой 2013-2014 года составили:

- первое появление льда на мелководьях восточного сектора моря зафиксировано 19 ноября, в районе лицензионного участка – 28 ноября, что несколько позже обычных среднемноголетних сроков (17 ноября для о. Чистая Банка);

- датой начала устойчивого ледообразования для всего Северного Каспия можно считать 19 ноября, для акватории лицензионного участка – 28 ноября – лед постепенно развивался с момента первого замерзания;
- первое образование припая на востоке моря произошло в начале второй декады декабря, в нижней зоне авандельты, произошло в первой декаде января;
- в ходе ледового периода акватория лицензионного участка западнее Тишковского банка полностью очищалась ото льда в конце декабря, в январе здесь наблюдалось повторное ледообразование;
- западная и центральная части Северного Каспия полностью очистились ото льда к 17-18 марта.
- Северный Каспий полностью очистился ото льда к 3 апреля;
- непрерывная продолжительность ледового периода в районе лицензионного участка ООО «каспийская нефтяная компания» составила 110 суток;
- продолжительность ледового периода для Северного Каспия составила 125 суток;
- сроки ледового периода и его продолжительность в 2015 г. близки предшествующей зиме 2014 г., которая по совокупности признаков и с применением новой классификации оценивается как умеренная.

Характерной чертой, наблюдаемой в ходе трех последних осенне-зимних периодов, является преобладание западной и меридиональной форм атмосферной циркуляции и очень малая повторяемость ситуаций с восточной формой циркуляции. Для последней характерно проникновение на Северный Каспий арктического воздуха по периферии гребня азиатского антициклона с воздушными потоками северо-восточного и восточного направления.

Анализ синоптических процессов осенне-зимнего периода 2014-2015 гг. свидетельствует, что с ноября по февраль включительно синоптические процессы протекали при восточной форме циркуляции во второй половине ноября с 17 по 30.11.2014 г. (это было начальное ледообразование) и лишь четверо суток в основное время зимы – с 23 по 26 января. Все остальное время наиболее холодного периода зимы в свободной атмосфере наблюдался западно-восточный, либо меридиональный перенос.

Таким образом, макроциркуляционные и связанные с ними синоптические процессы в деятельном слое атмосферы не способствовали ветровым ситуациям, вызывающим частое, и, тем более, интенсивное торошение. Как следствие, при умеренном по ледовым условиям (с учетом сменившихся критериев оценки) характере зимы мы наблюдали слабое развитие припая, фактически полное очищение западной части лицензионного участка ото льда и повторное ледообразование в этой части моря.

Крупные по меркам прошедшей зимы стамухи были обнаружены в диапазоне глубин 3-4 м на траверзе выхода Кировского банка. Горизонтальные размеры исследованных стамух составляли 150-300 м при ширине менее 100 м. Наибольшая измеренная высота паруса стамухи составила 6 м при глубине 3,4 м, таким образом, вертикальная мощность этого торосистого образования составила 9,4 м.

Характерной чертой торосистого льда на момент проведения экспедиционных исследований было отсутствие консолидированного слоя – смерзшихся в монолитный лед блоков, обломков льда, ледяной крошки, снега, располагающихся, как правило, от отметки уровня моря и вниз, но иногда, в результате деформации льда поднимающегося выше уровня моря на десятки сантиметров. Стамухи были образованы торосящимся серо-белым льдом, наиболее значительные блоки наслоенного льда в стамухах имели горизонтальные размеры порядка нескольких метров при максимальной толщине 0,4.

На последующих этапах ледовых испытаний – конец февраля, март, также были выполнены исследования физико-механических характеристик льда и гидрографические промерные работы в окрестностях разрушающихся стамух с целью обнаружения последствий ледовой экзарации – пропахивания морского дна киями торосов и стамух.

Однако, поскольку по погодным условиям в конце зимы не было ветровых ситуаций, провоцирующих дрейф стамух, явных следов экзарации выявить не удалось. Повторное

проведение промеров в марте по координатам стамух, зафиксированных зимой, уже после очищения акватории моря ото льда также не показало явных следов экзарации, чему, опять же, препятствовали погодные условия – проведению работ предшествовал недельный шторм с восточным ветром. В результате, даже если были какие-то следы ледовой экзарации, они были нивелированы штормовым волнением, а различие отметок глубин, полученные в ходе промеров могут быть отнесены на счет незначительного волнения, вносящего погрешность, либо на счет маневров маломерного судна использовавшегося для промеров.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЙ И ЛЕДОВЫХ НАГРУЗОК НА ШЕЛЬФОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ В СЕВЕРНОМ КАСПИИ

Политько В.А, Кантаржи И.Г.

МГСУ, Москва, Россия, politko@mail.ru

Ледовые условия Северного Каспия имеют свои особенности, которые влияют на ледовые нагрузки на сооружения, морские операции, а также на выбор типов морских сооружений. При выполнении расчетов ледовых нагрузок для Северного Каспия необходимо рассматривать сценарий взаимодействия льда и сооружения с наличием ледовых нагромождений у платформы, так как они могут уменьшать нагрузку на вертикальную стенку, и увеличивать ее в случае с наклонной стенкой. Также рекомендуется наряду с детерминистическими методами расчета применять и вероятностные, так как они могут давать более реалистичные значения нагрузок.

Ледовые условия в Северном Каспии не такие суровые, как в Арктике, тем не менее, являются определяющими при проектировании морских сооружений и имеют свои особенности и сложности: 1) Северный Каспий характеризуется относительной мелководностью (глубины воды в основном порядка 4–9 м [1]), что может приводить к образованию значительного количества ледяных нагромождений, ограничивающих пути доступа и эвакуации с платформ, оказывающих силовое воздействие на подводное оборудование и трубопроводы, и влияющих на ледовые нагрузки на морские сооружения. Эти ледяные образования при выходе на мель воздействуют на морское дно и порождают при перемещении борозды ледового выпаживания (к примеру, в районе Кашагана зафиксированы глубины ледового выпаживания до 1 метра [4]); 2) продолжительность ледового периода в Северном Каспии обычно 3-4 месяца в году, но от года в год существуют значительные различия в продолжительности ледового периода, что усложняет планирование морских операций. В периоды суровых зим формирование льда может начаться уже в октябре, и ледовый период может продолжаться до конца апреля [1]; 3) термический рост льда относительно невелик по сравнению с арктическими регионами, однако небольшое количество осадков (снег, как изолятор, может снижать теплообмен между льдом и воздухом) и вызванные ветром подвижки льда в период замерзания создают условия для быстрого нарастания льда до значительных толщин. Толщина льда может достигать 90 см в суровую зиму, но обычно ближе к 60 см в течение года, при этом толщина наслоенного льда может превышать 3 м [1]; 4) Северный Каспий имеет достаточно низкую соленость из-за большого притока пресной воды из Волги и Урала, соленость меняется от почти пресной воды до максимальных 8–9 ‰ [1], что приводит к большей прочности льда; 5) Течения в Северном Каспии слабые, в то же время наблюдаются достаточно сильные и устойчивые ветра, особенно в период с ноября по апрель, со средним максимальным значением около 25 м/с [1]. Таким образом, скорости и направления движения льда в основном подчиняются воздействиям ветра.

На примере проекта разработки месторождения Кашаган [2], можно выделить основные концепции морских сооружений, подходящих для условий Северного Каспия: 1) обособленная ледостойкая конструкция; 2) неледостойкая конструкция с защитными

барьерами. Кашаганский проект стал одним из пионеров в применении ледовых барьеров (из стали, каменной насыпи или искусственного ледового нагромождения) вокруг платформы. Что касается первой концепции, то в качестве ледостойкой конструкции могут применяться искусственные насыпные острова, кессоны, баржи (затопляемые), платформы с бетонными основаниями на одной, трех или четырех опорах.

Для вышеперечисленных вариантов морских сооружений, потенциально интересных для района Северного Каспия, при определении ледовых нагрузок на сооружения (локальных и глобальных) необходимо рассматривать эффект скопления ледовых обломков перед конструкцией на величину ледовой нагрузки (этот эффект имеет место из-за небольшой глубины акватории). При изучении данного вопроса для Кашагана [2], рассматривали действие льда на вертикальную и наклонную стенку сооружения, сначала в случае отсутствия ледовых обломков вокруг платформы, затем при их наличии.

При отсутствии нагромождений ледовых обломков:

В этом случае были определены нагрузки от действия ровного ледового поля (0.8м) и наслоенного льда (1.15 м) на вертикальную стенку, которые были равны 90 и 124 МН соответственно (нагрузки с вероятностью превышения 1 раз в 100 лет, как того требует стандарт ИСО 19906). При этом для расчета нагрузок на вертикальную стенку были выведены формулы давления льда на стенку на базе имеющихся результатов натуральных испытаний при схожих условиях. Необходимо заметить, что, из-за низкой солености льда, полученное давление было на уровне величин, характерных для субарктических районов.

При вычислении нагрузки на наклонную стенку использовалась методика стандарта ИСО 19906. По результатам расчета была получена горизонтальная нагрузка от действия наслоенного льда (1.15м) 32 МН (нагрузка от ровного льда толщиной 0.8 заведомо меньше, поэтому не вычислялась), что значительно меньше, чем в случае действия того же льда на вертикальную поверхность - 124 МН.

При наличии нагромождений ледовых обломков:

В случае наличия ледовых обломков перед морским сооружением меняется специфика взаимодействия льда и сооружения с вертикальной стенкой, а именно: 1) лед ломается не при контакте с сооружением, а на подходе к нему при взаимодействии с ледяным нагромождением; 2) через некоторое время ледяное нагромождение увеличивается в размерах и касается грунта, передавая часть нагрузки от ледового поля грунту. В исследовании [2] второй эффект не рассматривался. Для случая с ровным ледовым полем (0.8м) получили результат 68 МН, для наслоенного льда (1.15м) - 100 МН, что соответственно меньше чем 90 и 120 МН в случае отсутствия ледового нагромождения.

При взаимодействии льда и сооружения с наклонной стенкой также меняется специфика взаимодействия: 1) лед ломается не на изгиб, а хрупко при взаимодействии с ледяным нагромождением; 2) часть ледовой нагрузки передается грунту при большом нагромождении обломков и их взаимодействии с грунтом. В этом случае, результаты аналитических расчетов показали, что наслоенный лед (1.15м) воздействует на сооружение с силой 68 МН, что более чем в 2 раза больше, чем при отсутствии ледового нагромождения перед сооружением.

Вывод: наличие ледовых нагромождений может оказывать значительное влияние на величину ледовой нагрузки как в сторону уменьшения в случае с вертикальной стенкой, так и в сторону увеличения, как в случае с наклонной стенкой.

Важным моментом является использование вероятностных методов расчета для определения ледовых нагрузок. В [3] та же задача, что и в [2], исследовалась с использованием вероятностных методов расчета. В результате, в случае действия льда на вертикальную стенку результат был 75 МН, вместо 124 МН, определенных детерминистически; в случае с наклонной стенкой 45 вместо 68 МН.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 19906 Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures / International Organization of Standardization.– 1st edition. – 2010. – 474 p.
2. Croasdale K., Jordaan I., Verlaan P. Offshore platforms and deterministic ice actions: Kashagan phase 2 develop. / Proc. 21st Int. Conf. on Port and Ocean Eng. under Arctic cond., POAC 11, 2011.
3. Jordaan I., Stuckey P., Bruce J. Probabilistic modelling of the ice environment in the Northeast Caspian sea / Proc. 21st Int. Conf. on Port and Ocean Eng. under Arctic cond., POAC 11, 2011.
4. Verlaan P., Croasdale K. Ice issues relating to the Kashagan Phase II development, North Caspian Sea / Proc. 21st Int. Conf. on Port and Ocean Eng. under Arctic cond., POAC 11, 2011.

CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACT ON THE WATER LEVEL: CASE STUDY OF THE CASPIAN SEA

Leila Rashidian, Martha Abbasi Moheb

Center of Iran Meteorological Organization, Iran, lrashidiyan@yahoo.com

Climate change effects on water resources of various basins are unpredictable and costly. Severe atmospheric phenomena are affecting human lives and the environment to such an extent that only science-based management can reduce their consequences.

In this study, using LARS.WG model and down scaling of general circulation climate model HADCM-3 we calculated monthly precipitation amounts, minimum temperature, maximum temperature and daily sunshine hours based on data provided by the meteorological organization for Caspian Sea coastal station such as Gorgan, Ramsar, Rasht, Anzali, Astara and Ghaemshahr from the date of their establishment to 2010. According to the IPCC scenarios, including series A₁B, A₂, B₁ to similar data from 2010 to 2040, long term forecasting of climate parameters of the Caspian Sea and its impact on sea level was made.

The results of the study show that the amplitude of the fluctuations of the minimum and maximum temperatures and their intensity at different time scales were projected to have an increasing trend for all of these scenarios until 2040. The total rainfall amounts in the coastal towns of the Caspian Sea on the basis of the three scenarios studied showed an increase as well. However, the water level of the Caspian Sea was predicted to have a downward trend by 2040.

КОМПЛЕКСНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ЛЕДОИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ ФГБУ "ААНИИ"

Чернов А.В., Наумов А.К.

ФГБУ "Арктический и антарктический научно-исследовательский институт",
Санкт-Петербург, Россия, dne@aari.ru, chernov@aari.ru

The report describes the approach of FSBI "AARI" for comprehensive ice research field works drawn from the experience of many years of forwarding activities. The main types of field work are morphometric study of ice, the study of the physical and mechanical properties of ice and hydrological observations, moreover various specialized kinds of observations can be performed. The research results are presented in the form of a separate document - the local technical conditions for the study area.

В этом году ААНИИ отметил 95 лет своей работы. Все эти годы институт вел активную экспедиционную деятельность в различных регионах планеты. Среди направлений работ, одним из наиболее значимых и востребованных, особенно в последние десятилетия, является проведение комплексных ледоисследовательских работ, направленных на удовлетворение потребностей проектных организаций в исходных природных данных. География проведения ледоисследовательских работ не ограничивается только Арктическим регионом, где наиболее изученными являются акватории Баренцева и Печорского морей и шельф полуострова Ямал. ААНИИ также выполнял исследования на шельфе острова Сахалин, севере Каспийского моря и в Финском заливе. В последние годы интерес распространился на такие малоизученные регионы, как Карское, Лаптевых и Восточно-Сибирское моря.

Основу комплексных полевых ледоисследовательских работ составляют морфометрические исследования льда, изучение физико-механических свойств льда и гидрологические наблюдения.

Морфометрические исследования морского льда, направленные на выявление особенностей строения ледяного образования, включают в себя топогеодезические работы, аэрофотосъемку, сквозное бурение ледяных образований, подводную гидролокационную съемку и др. С их помощью получают основные геометрические характеристики торосистых образований – высоту паруса, осадку киля, размеры блоков льда, слагающих торос. С помощью сквозного бурения получается информация о внутреннем строении торосистых образований – наличии пустот, шуги, толщине консолидированного слоя, коэффициенте заполнения, общей толщине льда в торосе. Топогеодезическая съемка обеспечивает математическое построение верхней поверхности исследуемого ледяного образования и его привязку относительно уровня воды. Подводная гидролокационная съемка выполняется для построения нижней поверхности ледяного образования. Результатом морфометрии является трехмерное изображение поверхности исследуемого ледяного образования и разрезы, показывающие его внутреннее строение. Дополнительным инструментом для исследования морфометрии льда является подводная техническая видеосъемка, с помощью которой уточняется информация, полученная инструментальными способами. Получаемая визуальная информация позволяет определить степень консолидации килей торосов, формы их составных элементов. Подводная техническая видеосъемка нижней поверхности ледяного покрова проводится с использованием телевизионных камер, опускаемых с поверхности льда в водонепроницаемых боксах, ручными телевизионными камерами оператором-водолазом, а также с помощью телеуправляемых подводных аппаратов.

Полевые исследования физико-механических свойств морского льда включают в себя широкий круг работ, к важнейшим из которых относятся описание строения льда, изучение его физических свойств и оценка его прочностных и деформационных характеристик. Обязательным является измерение температуры, солености и плотности льда, а также испытания льда на прочность. В исследованиях прочностных и деформационных

характеристик льда выделяется два направления: испытания малых образцов и крупномасштабные испытания.

Малые образцы для испытаний при сжатии и изгибе отбираются с разных горизонтов по всей толщине льда, при этом выбираются однородные слои, не имеющие трещин и дефектов. Благодаря этому, значения, полученные по малым образцам, являются оценкой сверху для пределов прочности льда. Дополнительно при испытаниях измеряются деформации образцов, что позволяет получить деформационные характеристики льда.

Под крупномасштабными понимаются такие виды испытаний, при которых нагружению подвергается вся толща льда. Прочность и модуль деформации льда при изгибе определяется по результатам испытаний консолей на плаву. Для определения крупномасштабной прочности при сжатии требуется мощное нагрузочное устройство, развивающая усилие до 100 МН. Трудоемкость таких экспериментов существенно выше по сравнению с испытаниями малых образцов. Соответственно, основная статистика по прочностным свойствам льда набирается на малых образцах, а результаты крупномасштабных испытаний служат опорными точками для пересчета малых образцов на всю толщину льда.

Методика испытаний физико-механических свойств льда основывается на рекомендациях Международной ассоциации гидравлических исследований (МАГИ/IAHR), предписаниях отечественных нормативных документов и руководств.

Для наблюдения за уровнем моря используются измерители гидростатического давления, предназначенные для измерений абсолютного давления через заданные промежутки времени. Измерители могут быть установлены на дно в ледовый период через сквозные отверстия во льду, или в безледный период с плавсредства. Измерители давления (уровня моря) имеют, как правило большую автономность, более 1 года. Наблюдения за течениями выполняются методом постановки автономного измерителя течений на весь период полевых работ. Профилограф течений опускается в сквозную майну подходящего диаметра таким образом, чтобы гидроакустические излучатели были направлены вниз и были расположены на несколько сантиметров ниже подводной поверхности льда. Определение вертикального распределения температуры и солености воды производится при помощи CTD-зондов различных модификаций, через лунки проделанные в ледяном покрове.

Совокупность полученных данных используется при расчете прочности ледяных образований, и, в конечном итоге, при расчете ледовых нагрузок, которые являются определяющими при выборе архитектурно-конструктивного типа сооружения.

В зависимости от потребностей пользователей и особенностей исследуемой акватории дополнительно выполняются различные специальные наблюдения. Например, при проведении работ в поддержку Штокмановского проекта был выполнен большой объем исследования айсбергов: изучались выводные ледники, отслеживался дрейф айсбергов с помощью буев «Аргос», выполнялись аэрофотосъемка верхней поверхности и гидрологическая съемка нижней поверхности для оценки их массогабаритных характеристик, измерялись прочностные свойства льда. Другим примером специальных исследований может являться изучение экзарации дна ледяными образованиями. Такие исследования выполнялись в Байдарацкой губе, где планировалась прокладка трубопровода, и, соответственно, глубина пропашки грунта киями торосов являлась необходимой информацией для определения величины заглубления трубы.

Как правило, целью комплексных полевых ледоисследовательских работ является разработка Локальных технических условий (ЛТУ) для района исследований. ЛТУ содержит перечень всех характеристик льда, необходимых для проектирования инженерного объекта, с указанием их средних значений и значений редкой повторяемости. Для надежных оценок необходимо проведение в заданном регионе комплексных ледоисследовательских работ на протяжении нескольких лет. Этот документ служит основным источником информации о природных условиях в заданном районе, используемым при разработке инженерного сооружения, предназначенного для эксплуатации в исследованном регионе.

Секция 4.

Использование спутниковой информации и математических моделей для обеспечения гидрометеорологической и экологической безопасности морской деятельности

Session 4.

Application of remote sensing data and mathematical models for ensuring hydrometeorological and environmental security of marine activities

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОЙ БИОТЫ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЕЕ ПОРАЖЕНИЯ АВАРИЙНЫМИ РАЗЛИВАМИ НЕФТИ

Асаева К.И.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», Астрахань, Россия,
asaeva_90@mail.ru*

The paper presents results of the analysis of spatial distribution of biological and ichthyologic parameters in the western part of the Caspian Sea. Statistical methods were used for data analysis.

Вероятностный подход к анализу пространственного распределения морской биоты с целью оценки ее поражения аварийными разливами нефти на море является одним из важных, но слабо разработанных в научном и методическом плане аспектов оценки ущерба, который может нанести водным биоресурсам освоение нефтегазовых месторождений на морском шельфе.

Для определения закономерностей пространственного распределения гидробиологических и ихтиологических параметров в западной части Северного Каспия использовались многолетние данные государственного мониторинга водных биологических ресурсов, а также материалы комплексных экологических исследований, проводимых ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть».

Для проведения анализа исследуемая акватория была разбита на 10-минутные квадраты, всего было выделено 126 квадратов, при этом 26 из них были отнесены к реперным.

Расчеты были произведены для трех гидрологических сезонов: половодье (май-июнь), летняя межень (июль-август) и осенняя межень (сентябрь-октябрь). Отдельно был рассмотрен период времени с мая по октябрь, обозначенный как «теплое время года». При этом оценка вероятности нефтяного загрязнения осуществлялась применительно к трем периодам времени (1996-2005 гг., 2006-2013 и 1996-2013 гг.), а также к двум градациям толщины нефтяной пленки (более 10 мкм и более 50 мкм).

Для каждого из реперных квадратов, сезонов года, гидробиологических и ихтиологических параметров была рассчитана обеспеченность значений, с последующим построением эмпирических кривых обеспеченности. Далее полученные уравнения использовались для расчета гидробиологических и ихтиологических показателей различной обеспеченности в различные гидрологические периоды. Полученные данные в свою очередь стали исходным материалом для подготовки карт, характеризующих распределение гидробиологических и ихтиологических параметров 1, 2, 3, 5, 10, 15, 25, 50, 75 и 100% обеспеченности (рис. 1).

С использованием ГИС-технологий для каждого из 10-ти минутных квадратов акватории западной части Северного Каспия на основе полученных карт рассчитывались значения гидробиологических и ихтиологических параметров различной обеспеченности. Полученные результаты предназначены для расчета вероятности поражения определенных биологических объектов (БО) нефтяными разливами. При этом вероятность поражения БО рассчитывалась как произведение вероятности поражения данного квадрата акватории нефтяной пленкой на вероятность нахождения в данном квадрате биологического объекта, численность (биомасса) которого превышает установленный уровень.

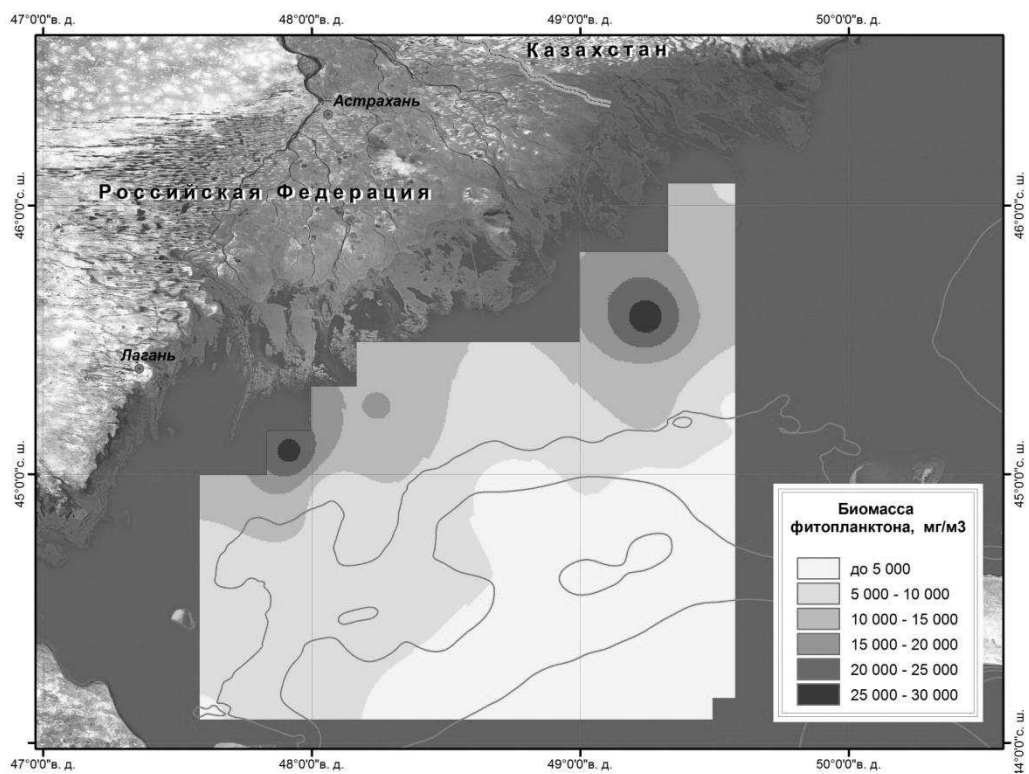


Рис.1 Пространственное распределение биомассы фитопланктона (мг/м^3) 1% обеспеченности по данным многолетних наблюдений (1961-2012 гг.) в западной части Северного Каспия во время половодья (май-июнь)

В результате проведенных исследований получены характеристики пространственного распределения гидробиологических и ихтиологических параметров и показано, что характер этого распределения зависит от уровня обеспеченности.

Например, для распределения биомассы фитопланктона 1% обеспеченности характерны две выраженные зоны повышенной концентрации – в западной и восточной частях взморья р. Волги, а для распределения биомассы фитопланктона 100% обеспеченности – одна, в западной части взморья. Следует отметить, что по данным многолетних наблюдений (1961-2012 гг.) такая закономерность наблюдалась только в период половодья.

Считаем, что полученные данные могут быть использованы в природоохранной деятельности в целях защиты морской среды, а также при разработке планов ЛАРН.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ИНТЕНСИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ДНО И БЕРЕГА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В УСЛОВИЯХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ И ЛЕДОВИТОСТИ

Бухарицин П. И.¹, Огородов С. А.^{2,3}, Архипов В. В.^{3,2}

- 1 – *Институт водных проблем РАН, Астрахань, Россия, e-mail: astrgo@mail.ru*
2 – *Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: ogorodov@aha.ru*
3 – *Государственный океанографический институт имени Н.Н.Зубова Росгидромета, Москва, Россия, email: vvarkhipov@mail.ru*

The temperature regime of the cold season determines the conditions and amount of ice hummocks, and therefore influences the intensity of the ice impact on the shores and bottom of the Caspian Sea. Current sea level determines the intensity of ice gouging process. The fluctuations of the sea level can lead to significant depth changes and can accordingly change the conditions of ice hummocks' forming and the ice gouging of the bottom and shores. The ice impact forecasting and evaluation is difficult due to the lack of studies of the ice cover interaction with the bottom grounds in the Northern Caspian, high variability of the sea level and ice cover extent in the Caspian Sea.

Морские льды способны оказывать прямое механическое, термическое и физико-химическое воздействие на берега и дно. Среди них наиболее опасна экзарация – деструктивное механическое воздействие льдов на грунт, связанное с динамикой ледяного покрова, торошением и стамухообразованием под влиянием гидрометеорологических факторов и рельефа береговой зоны [2]. При проектировании инженерных сооружений в замерзающих морях необходимы достоверные оценки интенсивности воздействия ледяных торосистых образований на дно и глубины их внедрения в грунт. Недооценка масштабов экзарации может привести к повреждению сооружений. В связи с этим оценка и прогноз интенсивности ледовых воздействий являются ключевым звеном обеспечения геотехнической безопасности нефтегазовых объектов и экологической безопасности в акватории. Игнорирование данного вопроса нефтегазовыми компаниями, позиция которых в значительной мере усилена представлениями о глобальном потеплении и грядущей полной деградации ледяного покрова на Каспийском море, привело к тому, что большинство проектов реализовано без должного учета ледовых воздействий на дно и подводные сооружения. Так, практически все подводные трубопроводы на Северном Каспии не заглублены в грунт. В результате произошла авария на нефтепромысле «Кашаган» в Казахском секторе Северного Каспия, где льдом были повреждены четыре нитки трубопровода, проложенного по дну без заглубления.

Ледовые условия Каспийского моря характеризуются большой сложностью и изменчивостью. Его северная мелководная часть замерзает ежегодно, в средней части лед появляется вдоль побережий лишь в суровые зимы, в южной части льда не бывает. Ледовый период на Северном Каспии продолжается с ноября по март. Полное замерзание и образование припая обычно происходит севернее линии о. Чечень – о. Кулалы. В холодные и экстремально холодные зимы припайный лед может устанавливаться до изобаты 20 м. Максимальная толщина дрейфующего ровного льда на Северном Каспии даже в очень суровые зимы не превышает 60–70 см, припая – 90–120 см. Однако значительную часть акватории может занимать так называемый наслоенный лед. Наслоение льда в Каспийском море наблюдается практически ежегодно в результате надвигов одной ледяной пластины на другую. Максимальная толщина наслоенного льда может достигать здесь 3 м [1].

Специфика ледовых условий Северного Каспия – относительно тонкий и «теплый» лед, обуславливающий относительно низкие прочностные характеристики ровного льда, а на фоне сильных ветров – условия, особенно благоприятные для его взлома и торошения. Наиболее характерно для Северного Каспия ветровое торошение, которому также способствуют подледные течения и сгонно-нагонные колебания уровня.

Максимальное количество торосов при всех типах зим наблюдается в зоне контакта

припая и дрейфующего льда. В результате того что положение кромки припая в течение холодного сезона постоянно меняется, зона активного торошения захватывает большую площадь. Следствие торосообразования – формирование на границе устойчивого (как и в зоне неустойчивого) припая гряд торосов, перпендикулярных направлению ветра, который вызывает торошение. Для активного торосообразования характерно возникновение торосов, а также появление стамух, сидящих на грунте. Они могут достигать в поперечнике 100–300 м иногда до 500 м и высоты 10–15 м. Максимальная зарегистрированная высота паруса стамухи составила 20 м. Максимальная глубина, до которой документально зафиксировано образование стамух на Каспийском море – 12 м [1].

Температурный режим Северо-Каспийского региона чрезвычайно неустойчив в зимний период и отличается большой межгодовой изменчивостью, особенно отчетливо выраженной на фоне глобальных изменений климата в последние десятилетия. Отношение суммы положительных значений температуры в теплые и холодные годы может отличаться в 7 раз. В последнее десятилетие период роста суммы отрицательных значений температуры, имевший место вплоть до 2004 г., сменился ее снижением. Этот фактор непосредственно влияет на состояние и площадь распространения ледяного покрова, положение границы припая, толщину льда и, соответственно, количество, размеры и местоположение торосистых образований. При анализе количества гряд торосов и стамух в рассматриваемом регионе отмечается следующая закономерность [1]: наибольшая торосистость наблюдается в годы со средней ледовитостью холодного периода; в суровые зимы большую часть акватории занимает устойчивый припай, препятствующий слишком активному торошению; в годы с мягкими зимами процесс торошения также ограничен не полностью покрытой льдом акваторией и малой толщиной льда.

Существенно влияют на процессы торошения мелководность, извилистость береговой линии и сложный рельеф дна с большим количеством подводных банок и кос [1]. При прочих равных термических условиях ледообразования важный фактор, определяющий интенсивность ледово-экзарационного процесса, – текущее положение уровня моря. Колебания уровня Каспия, достигающие за расчетный период эксплуатации гидротехнических сооружений нескольких метров, способны приводить к существенному перераспределению глубин и перестройке рельефа дна и, соответственно, менять условия формирования ледяных торосистых образований и экзарации ими дна и берегов [2]. Современное весьма неравномерное распределение глубин на Северном Каспии – результат развития рельефа в голоцене. В нем запечатлелись периоды многочисленных трансгрессий, регрессий и стабилизаций положения уровня Каспийского моря. Очевидно, что в случае продолжительной трансгрессии (на 2 м и более) зона наиболее интенсивного ледово-экзарационного воздействия, соответствующая, по нашему мнению, интервалу глубины от 4 до 6 м, сместится на современные более мелководные участки и, напротив, в условиях регрессии эта область сместится вниз по современному подводному склону. Таким образом, в условиях трансгрессии область дна, подверженная ледово-экзарационному воздействию, заметно расширится, а в условиях регрессии – резко сократится.

К настоящему моменту вопрос прогноза интенсивности воздействия ледяного покрова на дно Северного Каспия остается открытым и требует решения. Сложность решаемой проблемы определяется слабой изученностью процессов взаимодействия ледяного покрова с грунтовым основанием дна Северного Каспия, а также чрезвычайно высокой изменчивостью положения уровня и ледовитости Каспийского моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухарицин П.И. Особенности процессов торошения ледяного покрова северной части Каспийского моря // Водные ресурсы. 1984. № 6. С. 115–123.
2. Огородов С.А. Роль морских льдов в динамике рельефа береговой зоны. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 173 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МЕТОДОВ СПУТНИКОВОГО И ПОДСПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ПЛЕНОЧНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПАНСИИ МОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Голубов Б.Н.^{1,2)}, Иванов А.Ю.¹⁾ Бухарицин П.И.³⁾

¹⁾ *ФГБУН Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), г. Москва Россия*

²⁾ *ФГБУН Институт динамики геосфер РАН (ИДГ РАН), г. Москва, Россия
bgolubov@mail.ru; ivanoff@ocean.ru*

³⁾ *Институт водных проблем РАН, Астрахань, Россия, astrgo@mail.ru*

Современные тенденции обеспечения экологической безопасности морской деятельности опираются обычно на представление о том, что основные источники нефтяного загрязнения морей являются внешними, к которым относятся операции на нефтяных терминалах, аварии танкеров, эксплуатационные сбросы с судов нефтесодержащих отходов, аварийные разливы нефти на буровых платформах и т.п. Однако такой подход неоправданно исключает источники загрязнения иной природы такие, как выбросы из недр морей пластовых флюидов в виде подземных вод, газов и нефтей, которые, как правило, являются токсичными и зачастую сопровождаются опасными геодинамическими явлениями. При этом не учитывается явное преимущество современных методов спутникового мониторинга, которые позволяют вне зависимости от состояния атмосферы и освещения отслеживать в деталях картину выбросов из недр на поверхности моря по появлению множества пятен нефти. В сочетании с данными геолого-геофизических исследований пространственно-временные особенности распределения таких выбросов служат индикаторами очагов разгрузки пластовых флюидов из нефтегазоносных горизонтов, залегающих под дном моря и, как следствие - подспорьем в оценке перспектив нефтегазоносности морей, а также в решении двух важных задач обеспечения безопасности морской деятельности. Первая из них связана с прогнозом опасных инженерно-геологических процессов, влияющих на безопасность морских буровых платформ и промыслов, а вторая - с определением степени загрязненности морских вод в районах разгрузки пластовых флюидов. Вместе с тем практические попытки решения этих задач остаются пока безуспешными, поскольку до сих пор данные спутникового мониторинга оперативно и своевременно не верифицируются результатами подспутниковых гидрохимических, гидробиологических, и гидрофизических наблюдений в верхнем слое и на дне моря.

В настоящем докладе приведены результаты сравнительного анализа данных спутникового мониторинга пятен нефти, обнаруженных на поверхности Каспийского моря в 2000-х гг. с результатами геолого-геофизических, сейсмологических, геохимических и гидрогеологических исследований, обобщены сведения об аварийных ситуациях на морских нефтяных промыслах Каспийского моря. Обоснованы физические и технологические предпосылки, а также необходимость комплексирования методов спутникового и подспутникового мониторинга с целью обеспечения безопасности морской хозяйственной деятельности и охраны окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 14-05-93084

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В МОРЕ ДЛЯ ПЛАНОВ ЛРН, АСЭВ, ОВОС

Часть 1. Модели и методы

**Зацепа С.Н.¹, Дианский Н.А.², Журавель В.И.³, Ивченко А.А.¹, Коротенко К.А.⁴,
Солбаков В.В.⁵, Становой В.В.⁶**

¹ – Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова

² – Институт вычислительной математики РАН

³ – Научно-методический центр «Информатика риска»

⁴ – Институт океанологии имени Ширшова П.П. РАН

⁵ – ФИЦ «Информатика и управление» РАН

⁶ – ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт

The report looks into the characteristics of information support and modeling of oil spills used to prepare oil spill response plans, analyze environmental benefits in selecting oil response strategies and environmental impact assessment.

В докладе обсуждаются особенности информационного обеспечения и моделирования поведения разливов нефти для решения ряда прикладных задач (ПЗ): подготовки планов ликвидации разливов нефти в море, анализа совокупной экологической выгоды при выборе стратегий реагирования на разливы, оценки воздействия на окружающую среду.

В постановках ПЗ принимается, что разлив нефти является случайным событием, время, условия и, иногда, место которого трудно предугадать, в связи с чем необходимо учитывать любые гидрометеорологические условия, возможные в регионе интереса. Для их описания привлекаются данные реанализа метеорологических полей и модели морской гидродинамики. Результаты получаются совместным использованием нескольких моделей, описывающих эволюцию разлива нефти в морской среде: траекторные модели переноса разливов течением и ветром, модели физико-химической трансформации нефти на поверхности моря, в том числе с учетом технических средств реагирования на разлив, адвективно-диффузионные модели оценки внутриводного загрязнения. Каждая ПЗ решается для конкретного сценария (сценариев) технической аварии. Для каждой ПЗ, на сегодняшний день, существует «обязательная» и «произвольная» программа в части результатов моделирования и их представления. Отдельная постановка задачи должна рассматриваться при использовании математического моделирования для управления операциями ЛАРН при учениях и во время ЧС, связанной с проливом в морскую среду нефти или нефтепродукта. В каждой ПЗ, как правило, возникают трудности, обусловленные недостаточностью информационного обеспечения, в том числе, со стороны гидрометеорологии, ограниченностью представлений о физике процессов, контролирующих поведение нефти в море. Вследствие этого требуются дополнительные комментарии при интерпретации результатов решения математической задачи.

В докладе предложены новые определения для оценивания зон риска распространения нефти и воздействия на береговую зону, для анализа геометрических характеристик разливов, для выбора метеорологических сценариев, на основании которых следует оценивать эффективность стратегий реагирования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Часть 2. Результаты моделирования

Журавель В.И.¹, Зацева С.Н.², Ивченко А.А.², Солбаков В.В.³

¹ – *Научно-методический центр «Информатика риска»*

² – *Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова*

³ – *ФИЦ «Информатика и управление» РАН*

Во второй части доклада обсуждаются результаты моделирования разливов нефти, находящие применение при принятии организационно-технических решений по выбору стратегий реагирования, оценке эффективности применения технических средств при планировании операций ЛАРН и обоснованию мер по минимизации экологических воздействий разливов.

Планирование и управление операциями ЛРН требует учета неопределенностей и вероятностного характера времени, места и характера возникновения разливов нефти и условий природной среды, в которых будут находиться и распространяться разливы. В докладе приведены перечни и примеры использования данных моделирования для обоснования решений по защите акваторий и побережий Северного Каспия.

Обсуждается возможная роль моделирования поведения разливов для управления операциями ЛРН как средства, позволяющего повысить эффективность реагирования на разливы в условиях ограниченных ресурсов. Даны примеры использования моделей при планировании операций ЛРН на Северном Каспии.

Кроме того, в докладе поставлены перспективные задачи моделирования, направленные на получение комплексных эколого-экономических оценок воздействий разливов нефти и нефтепродуктов на состояние окружающей среды и их последствий для биологических ресурсов. нефти и нефтепродуктов в море.

РИСК-МОДЕЛЬ ПОРАЖЕНИЯ БИОТЫ ПРИ АВАРИЙНОМ РАЗЛИВЕ НЕФТИ НА АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Закарин Э.А., Балакай Л.А., Дедова Т.В., Ким Д.К.

ТОО «EcoRisk», г. Алматы, Республика Казахстан, ecorisk.kz@gmail.com

The risk model of marine biota damage is described in the case of oil spill in the North Caspian. The model includes calculation of statistical sampling of various scenarios of oil spills, which are based on the analysis of meteosituations over many years. Moreover the model takes into account migration (including seasonal) of biological communities of North Caspian region and their vulnerability to oil pollution. The result of risk model is a risk map i.e. map with values of risk of biota damage in all its points.

Основная особенность проблемы оценки рисков в случае возможной аварии – это возникновение цепочки неопределенностей. Во-первых, неопределенность времени, места и мощности аварии. Следующим генератором неопределенности является стохастическая реакция окружающей среды на антропогенные воздействия. В-третьих, неопределенными являются результаты воздействия загрязнения окружающей среды на биологические сообщества.

Риск-модель, описываемая в данной работе, основана на выполненном ранее теоретико-вероятностном анализе проблемы [2], где указанные процессы рассматриваются, исходя из теоремы вероятности совмещения событий. Следуя этой теореме, вероятность совмещения событий **A** (авария), **S** (загрязнение среды) и **R** (поражение биоты) равно произведению: $P_c = P \cdot P_A \cdot P_{A,S}$, где **P** – вероятность аварии; **P_A** – условная вероятность загрязнения окружающей среды (авария - a priori); **P_{A,S}** – условная вероятность поражения биоты (авария и загрязнение среды - a priori). Последовательное рассмотрение этих процессов позволило получить формулу расчета меры риска поражения животного и растительного мира при аварийном загрязнении окружающей среды.

Формула описывает меру риска в конкретной точке пространства. Задача значительно усложняется при рассмотрении всей пораженной территории. В этом случае надо учитывать процессы переноса загрязняющих веществ и миграцию (включая сезонную динамику) биологических сообществ, подверженных экологическому стрессу. Речь идет о рисковом картировании поражения биоты с ранжированием территорий по степени риска с учетом статистически оправданным прогнозом развития этих сложных процессов.

На основе вышеизложенного теоретического анализа проблемы разработан алгоритм решения конкретной риск-задачи: картирование рисков поражения морской биоты при аварийном разливе нефти на акватории Северного Каспия. Отметим, что данная работа выполнена в развитии более раннего исследования [1], где рассматривались риски нефтяного загрязнения этой части моря без учета возможного ущерба биологическим сообществам.

Поставленная задача имеет высокий класс сложности и, соответственно, алгоритм ее решения имеет сложную структуру, отраженную на рисунке (рис. 1). Следуя логической схеме, представленной на этом рисунке, алгоритм имеет три входа в соответствии с числом указанных выше вероятностных процессов.

В данной работе принято, что параметры возможной аварии (момент, мощность и длительность) и ее вероятность (производственный риск) являются входными данными в описываемую здесь риск-модель.

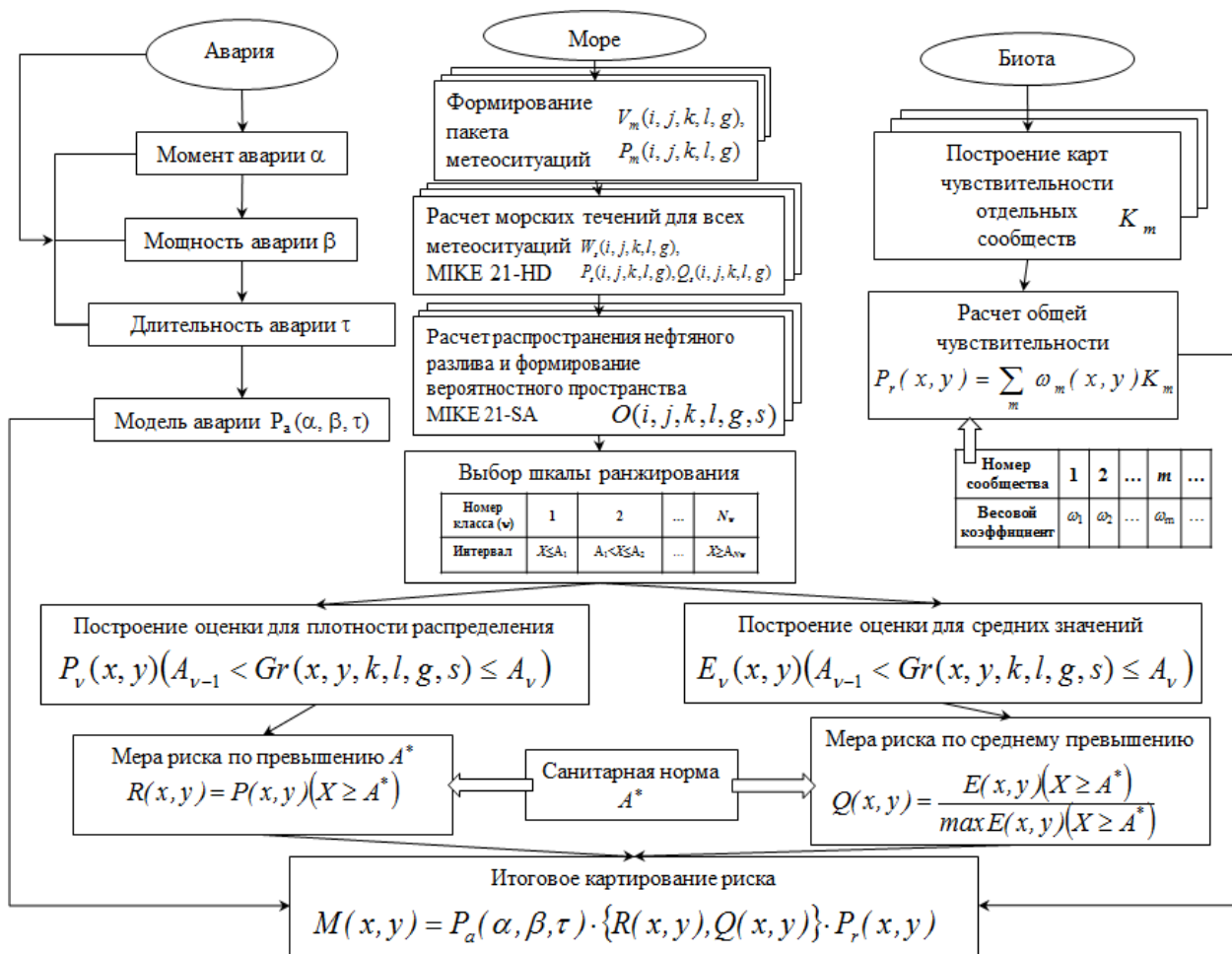


Рисунок 1. Расчетный алгоритм риск-модели

Стохастичность атмосферных процессов и связанная с ней изменчивость течений мелководной акватории Северного Каспия позволяет обоснованно считать ее основным генератором случайных процессов. В соответствии с этим формируется пакет метеоситуаций в виде полей ветра $V(i, j, k, l, g)$, давления $P(i, j, k, l, g)$ и других метеоэлементов на сетке (i, j, k) , где l – индекс шага по временному интервалу метеоситуации, g – номер года. Для набора статистики использовалась база данных ERA Interim, где хранятся метеоданные реанализа за последние 40 лет. Далее для каждой метеоситуации рассчитываются морские течения, распространение и трансформация (включая биodeградацию) нефтяного разлива. На основе этих данных вычисляются плотности распределения вероятности и различные представления меры риска.

Итоговая карта риска строится как произведение вероятности аварии и условных вероятностей (рисковых карт) нефтяного загрязнения и чувствительности биологических сообществ. Отметим, что построение указанных карт чувствительности для акваторий нефтяной добычи рекомендовано Международной морской организацией (ИМО) [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакай Л.А., Дедова Т.В., Закарин Э.А., Миркаримова Б.М. Рисковое картирование загрязнения окружающей среды при аварии на нефтепроводе // Геоинформатика, ВНИИГеосистем, Москва, № 2, 2006, стр. 15-22.
2. Закарин Э.А., Ким Д.К. Вероятностная модель риска поражения биоты при аварийном загрязнении окружающей среды, Сибирский Журнал Индустриальной Математики, т.16, № 3(55), 2013, с.95-105.
3. ИМО/IPIECA Report Series: Sensitivity Mapping for Oil Spill Response, Vol. 1 (1996).

СИСТЕМА КАРТИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ АВАРИЙНОМ РАЗЛИВЕ НЕФТИ НА СЕВЕРНОМ КАСПИИ (RANDOM)

Закарин Э.А., Балакай Л.А., Бостанбеков К.А., Нурсеитов Д.Б.

ТОО «EcoRisk», г. Алматы, Республика Казахстан, ecorisk.kz@gmail.com

Mapping Technology for Biota Risks in Marine Oil Spills in the Caspian Sea shelf is implemented in form of RANDOM (Risk Assessment of Nature Detriment due to Oil spill Migration) information system, the core of which is previously developed by probabilistic risk model. RANDOM is a cloud based system which provides standardized dynamically scalable services. In order to achieve the highest information security levels RANDOM web system is built as a private cloud using SaaS (Software-as-a-Service) technology.

Принятые методы оценки экологических рисков оформляются, как правило, в виде методических указаний и опираются, в основном, на качественные оценки типа «хорошо – плохо» [1]. В данной работе описывается система RANDOM (Risk Assessment of Nature Detriment due to Oil spill Migration), обеспечивающая веб-доступ к научно-обоснованной риск-модели. Модель направлена на оценку негативного влияния на морские биологические сообщества при возможных аварийных разливах нефти на мелководной акватории Северного Каспия.

Система RANDOM ориентирована на следующие группы пользователей:

- Недропользователи, осваивающие или эксплуатирующие месторождения на шельфе Северного Каспия.
- Государственные органы, осуществляющее экологический контроль деятельности компаний нефтегазовой отрасли.
- Общественные экологические организации, заинтересованные в анализе рисков при нефтяных операциях на месторождениях Северного Каспия.
- Государственные или частные компании, эксплуатирующие или восстанавливающие рыбные и другие биологические ресурсы Каспия.
- Сервисные компании, предоставляющие услуги недропользователям на шельфе Каспия по оценке воздействия нефтяных операций на окружающую среду (ОВОС) и разработке планов ликвидации аварийного разлива нефти (ПЛАРН).

Логическое представление архитектуры системы RANDOM включает следующие слои:

1. Слой представления или интерфейс пользователя. Данный слой содержит ориентированную на пользователя функциональность, которая отвечает за взаимодействие пользователя с системой, и включает компоненты, обеспечивающие общую связь с основной бизнес-логикой, инкапсулированной в бизнес-слое.

2. Бизнес-слой. Этот слой реализует основную функциональность системы и инкапсулирует связанную с ней бизнес-логику. Он состоит из компонентов, некоторые из которых предоставляют интерфейсы сервисов, доступные для использования другими участниками взаимодействия.

3. Слой доступа к данным. Этот слой обеспечивает доступ к данным, хранящимся в рамках системы RANDOM, и данным, предоставляемым другими сетевыми системами. Доступ может осуществляться через сервисы. Слой данных предоставляет универсальные интерфейсы, которые могут использоваться компонентами бизнес-слоя.

Детализируя бизнес-слой укажем, в многоуровневой системе RANDOM он является фактически уровень моделирования [2]. Он составляет набор сервисов, выполняющих расчеты разливов и анализ риска, т.е. представляет собой функциональное ядро системы. На данном уровне задействован вычислительный кластер, который обеспечивает быструю

параллельную обработку данных. На вычислительном кластере устанавливаются следующие программные продукты: MIKE 21 OS, MIKE 21 HD, RISK App, Convert App, Meteo App. Данный уровень является закрытым для пользователя, а взаимодействие с системой и управление программными пакетами осуществляется через специализированные веб-сервисы.

Для обеспечения максимальных гарантий информационной безопасности Web-система RANDOM будет построена в виде гибридного облака с использованием технологии SaaS (Software-as-a-Service). Следуя этой технологии, риск-модель как прикладное программное обеспечение и другие сервисы предоставляется пользователю для выполнения расчетов по собственному сценарию. Принципиальная схема использования облачной технологии для системы RANDOM представлена на рис. 1.

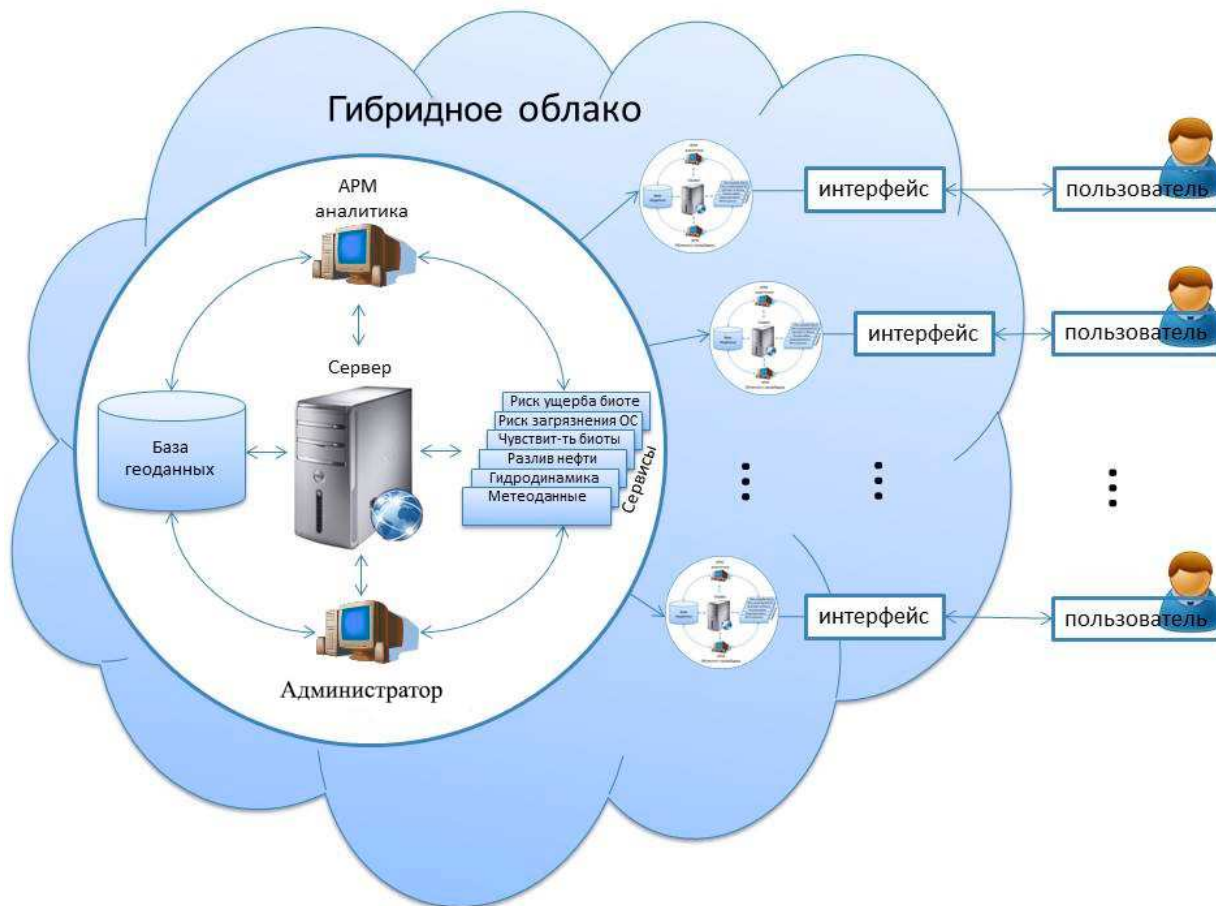


Рис 1. Принципиальная схема системы RANDOM

1. Zakarin E.A., Kim D.K., 'A stochastic model for the risk of biota exposure in case of accidental environmental pollution', Journal of Applied and Industrial Mathematics, 2014, Vol. 7, No. 1, pp.1-11,
2. Bostanbekov K., Jamalov J., Kim D., Nurseitov D., Tursunov I., Zakarin E., Zaurbekov D., 'Integrated workflow based system for risk mapping of oil spill with using high performance cluster', International Journal of new computer architectures and their applications, 2013, Vol. 3, No. 4, pp. 115-131

КОМПЛЕКСНЫЙ ПЛАН ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Козаков А.А.¹, Журавель В.И.², Колмыков Е.В.¹

¹ – ООО «Лукойл-Нижневожжскнефть», г.Астрахань, Россия

² – Научно-методический центр «Информатика риска», г.Москва, Астрахань

В работе обсуждаются основные организационные и технические решения, принятые в Плате предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (Плате ЛРН) при разработке и эксплуатации морских месторождений компании ООО "Лукойл-Нижневожжскнефть" в Северном Каспии. В настоящее время План охватывает буровые работы, добычу и транспорт нефти, ведущиеся и намечаемые на морских объектах и сооружениях обустройства месторождений им.Ю.Корчагина и В.Филановского. Принятые решения обоснованы детальными оценками риска возникновения разливов нефти и моделированием их поведения в окружающей среде.

Основными принципами разработки Плате является применение щадящих технологий борьбы с разливами нефти (механизированный сбор разливов, защита и очистка берегов), единство планирования и управления операциями ЛРН, обеспечение оперативности реагирования на возможные разливы, перекрытие опасных направлений распространения разливов, обеспечение защиты особо охраняемых объектов и берегов от нефтяных загрязнений. Наряду с объектно-ориентированным несением аварийно-спасательной готовности, План ЛРН предусматривает централизованное руководство операциями ЛРН, при необходимости обеспечивающее наращивание ресурсов для борьбы с разливами нефти за счет оказания взаимной помощи силами и средствами ЛРН, прикрывающими морские объекты и сооружения и защищаемые объекты. С этой целью разработана и будет реализована схема взаимодействия группировок и звеньев сил и средств оптимизированная с учетом вероятности возникновения разливов нефти и нефтепродуктов.

План сопровождается оценками воздействия на окружающую среду, позволяющими оценить основные виды и интенсивность возможных воздействий.

КОМПЛЕКСНЫЙ СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Костяной А.Г.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия,

kostianoy@gmail.com

The paper deals with the organization of a comprehensive satellite monitoring of the Caspian Sea. We discuss the main environmental problems of the Caspian Sea and modern satellite environmental monitoring methods, as well as specific applications of satellite data for the study and monitoring of the Caspian Sea Region. Particular attention is given to satellite monitoring of the Caspian Sea surface temperature, sea level, and oil pollution. Several characteristics of the regional climate change will be given.

В настоящее время всеми прикаспийскими странами большое внимание уделяется комплексному изучению Каспийского моря. Возрастающий интерес связан с несколькими основными факторами. Во-первых, это резкие колебания уровня Каспия, которые плохо прогнозируются, во-вторых, интенсивное развитие добычи нефти и газа, в-третьих, катастрофическое изменение экосистемы моря в результате вселения гребневика мнемнопсиса (*Mnemiopsis leidyi*) и других естественных и антропогенных факторов, в-четвертых, региональное изменение климата, которое приводит, в частности, к повышению

температуры воздуха и температуры приповерхностного слоя моря, и, наконец, в-пятых, это важное геополитическое значение, которое, по-прежнему, имеет регион Каспийского моря.

Современное состояние окружающей среды Каспийского моря по оценкам Министерства природных ресурсов РФ, КаспНИРХ, ГОИН, Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и ряда международных организаций является катастрофическим. Важнейшей задачей предстоящих исследований является разграничение эффектов антропогенного воздействия (зарегулирование стока рек, загрязнение и эвтрофикация вод) и естественной изменчивости регионального климата. Наиболее продуктивным способом ее решения является совместный анализ длительных рядов различных гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и метеорологических параметров Каспийского моря. Современный подход к решению этой проблемы заключается в использовании спутниковой информации и данных реанализа о поле температуры моря, об уровне моря, о содержании хлорофилла, взвеси и нефтяном загрязнении, об атмосферном давлении, ветре, температуре воздуха, осадках, влажности и других параметрах.

Однако за последние 25 лет значительно уменьшился объем регулярных гидрологических работ в море, а также объем информации с метеостанций и постов Гидрометеослужбы России. Кардинально изменилась геополитическая обстановка в регионе - Каспий теперь омывает берега 5 независимых государств. После распада СССР затруднен и обмен данными между государствами каспийского региона. Сеть станций и уровенных постов на Каспии стремительно сокращается: в 1960 г. их было 79, в 1972 г. – 51, в 1992 г. - 36, а их техническое оснащение морально устарело. Кроме того, уровенные посты прикаспийских государств производят измерения вблизи береговой линии, с разной точностью, временным разрешением и в отсутствии единой высотной привязки, которая не проводилась уже несколько десятилетий. В большинстве случаев существенное влияние на данные измерений оказывают особенности рельефа суши, так и очертания берега. Согласно последним GPS (Глобальная система позиционирования) измерениям многие уровенные посты на Каспии имеют вертикальное смещение, причем разнонаправленное на разных его берегах. Это связано с движением земной коры и вносит значительную ошибку в межгодовую изменчивость уровня моря.

Составной частью любой программы современного мониторинга экологического состояния суши или морей является спутниковый мониторинг, который обладает большими дополнительными возможностями и преимуществами по сравнению с наземными средствами. Организация постоянного действующего комплексного спутникового мониторинга Каспийского моря и прилегающих регионов давно стала актуальной задачей.

За последние 25 лет в ходе выполнения ряда российских и международных проектов накоплен уникальный опыт работы с базовой термогидродинамической и гидрометеорологической информацией о состоянии моря и отработаны новые методики исследования, которые могут применяться для изучения состояния окружающей среды и регионального климата Каспийского моря. Наряду с анализом гидрологических и гидрометеорологических данных важную роль здесь играют спутниковые методы, позволяющие с высоким пространственно-временным разрешением регулярно получать необходимые термогидродинамические, оптические и метеорологические параметры одновременно на всей акватории моря, а не только в его российском секторе, что чрезвычайно важно в отсутствии обмена данными между прикаспийскими странами.

Спутниковый мониторинг прибрежных районов океана и внутренних морей является важнейшим методом контроля их экологического состояния. Он основан на приеме цифровых данных с различных радиометров, сканеров, спектрометров, радаров, альтиметров, скаттерометров, установленных на зарубежных спутниках (NOAA, Terra, Aqua, TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2, GFO, ENVISAT, Radarsat-1, Radarsat-2, ERS-2, QuikSCAT, Landsat, IRS, KOMPSAT-2, EROS A, IKONOS, SPOT, QuickBird, FORMOSAT-2 и многих других) и позволяющих получать информацию о поле температуры поверхности моря, взвеси, концентрации хлорофилла, других оптических характеристиках водной поверхности

и суши, нефтяном загрязнении, а также об аномалиях уровня моря, изменчивости течений и скорости ветра с высоким пространственным и временным разрешением.

В последние годы с появлением доступных банков глобальной регулярной спутниковой информации и данных реанализа о поле температуры поверхности моря, уровне моря, концентрации хлорофилла, ледовом покрытии, атмосферном давлении, ветре, осадках, влажности, потоках тепла и других гидрометеорологических характеристиках (PODAAC JPL, UT/CSR, NCEP, GSFC NASA, DAAC GSFC, и др.), появилась возможность изучения не только сезонной, но и межгодовой изменчивости состояния акваторий морей России. А это особенно важно как для изучения изменчивости регионального климата, так и эволюции термического и экологического состояния морей, в частности, Каспийского моря.

Организация постоянно действующего комплексного спутникового мониторинга Каспийского моря полностью соответствует основным положениям «Экологической доктрины Российской Федерации», одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225-р, Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденной Президентом Российской Федерации 27 июля 2001 г. № Пр-1387, и протокола совещания в Правительстве Российской Федерации от 21 октября 2008 года № ВП–П7–26пр по вопросу «О ходе реализации приоритетных задач отечественной космической деятельности и расширении сферы использования возможностей космических средств в интересах социально-экономической деятельности регионов страны», предусматривающих, в том числе, проведение комплексных морских научных исследований в интересах Российской Федерации, развитие систем мониторинга за состоянием морской природной среды и прибрежных территорий. В частности, вышеуказанным протоколом обращено внимание Роскосмоса, Минэкономразвития России, Минрегиона России, Минтранса России и других заинтересованных федеральных органов исполнительной власти на необходимость более эффективного внедрения результатов космической деятельности в различные отрасли экономики Российской Федерации и обеспечения доступности этих результатов широкому кругу потребителей.

СПУТНИКОВАЯ АЛЬТИМЕТРИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Лебедев С. А.

*Геофизический центр РАН, Москва, Россия, lebedev@wdcb.ru
Институт космических исследований РАН, Москва, Россия,
sergey_a_lebedev@mail.ru*

The report presents a methodology of TOPEX/Poseidon and Jason-1/2 satellites altimetry data processing for the Caspian Sea, including the Kara-Bogaz-Gol Bay. It is based on the use of adaptive regional retracking algorithm and optimized algorithms for calculating "dry", wet correction and ionospheric correction. The interannual variability of the Caspian Sea level marked periods of rise (1992-1995, 2001-2005.) and drop (1995-2001, 2005-present time) based on analysis of satellite altimetry data. For each period are calculated rate of sea level change, which ranged from 20 cm/yr to -22 cm/yr. Also similar periods of rise and drop marked interannual variability in the Kara-Bogaz-Gol Bay level. The results of the analysis of the wind field, wind waves and dynamic topography by satellite altimetry data are presented. This study was supported by of the Russian Science Foundation (No 14-17-00555).

В настоящее время большое внимание уделяется комплексному изучению Каспийского моря. И связано это не только с интенсивным развитием добычи нефти, но и с продолжающимися значительными колебаниями уровня Каспия. За время инструментальных наблюдений (с 1837 г.) амплитуда колебаний уровня Каспийского моря составила более 3 м. Самый высокий уровень наблюдался в 1882 г. и составил –25,5 м (в Балтийской системе высот), а самый низкий — в 1977 г. и составил –29 м, что является самой низкой отметкой за последние 400–500 лет. К середине 1995 г. уровень вырос на 2,5 м до отметки –26,5 м, после чего стал снижаться.

Необходимость физически оправданного прогноза дальнейшей эволюции уровня моря, потенциальная возможность затопления прибрежных районов Российской Федерации и других государств на его берегах, а также обострение экологических проблем, связанных с подтоплением (осушением) огромных территорий, на которых осуществляется интенсивная добыча и транспортировка нефти — все это требует постоянного мониторинга изменчивости уровня Каспия.

Учитывая, что ни минимальное значение уровня в 1977 г., ни максимальное в 1995 г., ни смена знака изменений уровня не были предсказаны существующими моделями и методами, особое значение имеет оперативный контроль уровня моря.

За последние 25 лет значительно уменьшился объем регулярных гидрологических работ в море, а также объем информации с метеостанций и постов Гидрометслужбы. По сравнению с 1960 г. сеть метеостанций и уровенных постов на Каспии стремительно сократилась почти в 3 раза, а их техническое оснащение морально устарело. После распада СССР затруднен и обмен данными между государствами Каспийского региона.

Уровенные посты проводят измерения вблизи береговой линии с разной точностью и временным разрешением в отсутствие единой высотной привязки. В большинстве случаев существенное влияние на точность измерений оказывают как особенности рельефа суши, так и очертания береговой линии. На точность измерений уровня также оказывают влияние вертикальные движения земной коры в каспийском регионе, которые вдоль побережья моря различаются не только по величине, но и по знаку. Это вносит значительную ошибку в расчеты межгодовой изменчивости уровня моря.

В сложившейся ситуации организация спутникового мониторинга уровня Каспийского моря становится все более актуальной задачей. Использование спутниковой альтиметрии способно не только восполнить потерю традиционной информации, но и исследовать изменения уровня Каспийского моря на всей его акватории.

Измерения высоты морской поверхности спутниковым альтиметром проводятся относительно центра масс Земли, что позволяет исключить вертикальное движение земной коры из межгодового хода изменения уровня. Они не зависят от погоды и проводятся по акватории всего моря. Пространственно-временные масштабы данных спутниковой альтиметрии позволяют исследовать сезонную и многолетнюю изменчивость уровня Каспийского моря с точностью, соответствующей требованиям океанологической практики.

Помимо измерений уровня спутниковая альтиметрия предоставляет уникальную информацию о модуле скорости приводного ветра и высотах ветровых волн.

Кроме мониторинга уровня моря, этот тип данных дистанционного зондирования Земли может использоваться для контроля измерений на уровенных постах, верификации и ассимиляции данных в моделях динамики вод и ветрового волнения.

В докладе представлена методика обработки данных альтиметрических измерений спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1/2 для акватории Каспийского моря, включая залив Кара-Богаз-Гол. Она основана на использовании разработанного алгоритма адаптивного регионального ретрекинга и оптимизированного алгоритма расчета обязательных поправок («сухая» тропосферная поправка, поправка на влажность, ионосферная поправка).

На основе анализа межгодовой изменчивости уровня моря по данным альтиметрических измерений выделены периоды роста (1992–1995 гг. и 2001–2005 гг.) и падения (1995–2001 гг. и 2005–2012 гг.) уровня Каспийского моря, для каждого периода рассчитаны скорости изменения уровня, которые варьировались от +20 см/год до –22 см/год. В конце 2012 г. уровень моря составил –27,7 м. Для залива Кара-Богаз-Гол выделены период заполнения залива водой с 1992 по 1996 гг. со скоростью +168,4 см/год, а также периоды роста (2002–2006 гг.) и падения (1996–2002 гг. и 2006–2012 гг.) после выхода водного баланса залива на естественный режим. При этом скорости изменения уровня залива варьировались от +7 см/год до –20 см/год.

Проанализированы ежемесячные карты скорости приводного ветра и высоты волн по всей акватории моря на основе данных спутниковой альтиметрии за 1993–2012 гг. Впервые

построены и проанализированы временные ряды скорости приводного ветра и высоты волн для акватории моря и центральной части залива Кара-Богаз-Гол. Выделены периоды увеличения (1992–1996 гг., 1996–2001 гг. и 2009–2012 гг.) и уменьшения (2001–2009 гг.) скорости приводного ветра и высоты волн на акватории Каспийского моря. Для каждого периода рассчитаны скорости изменения, которые варьировались от +0,105 м/с в год до –0,045 м/с в год для скорости приводного ветра и +0,043 м/год до –0,045 м/год для высоты волн.

Представлена региональная модель средних высот морской поверхности для акватории Каспийского моря, которая представляет собой функцию не только широты и долготы, но и времени. На основании данной модели впервые показана пространственная неоднородность скорости межгодовой изменчивости уровня Каспия, которая хорошо согласуется с особенностями гидрологического режима моря и гравитационного поля. Впервые построена карта вероятности максимального роста или падения уровня моря. Установлено, что зоны с максимальной изменчивостью уровня расположены в западной части Южного Каспия и в юго-восточной части Среднего Каспия.

Проанализированы среднемесячные и среднегодовые поля динамической топографии и ее климатической изменчивости.

Таким образом, реализован новый подход к изучению гидрометеорологического и гидродинамического режимам Каспийского моря по данным дистанционного зондирования.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00555).

РАСЧЕТ ПЕРЕНОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ СЕКТОРАМИ И ЧАСТЯМИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Монахова Г.А.

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», г. Астрахань, Россия
monakhova.galina@gmail.com*

The paper describes computation of pollutant transport between different parts of the Caspian Sea. The analysis is based on the operational hydrodynamic model. The results of this numeric experiment show the usefulness of this model allowing for making assessments of trans boundary flows of pollutants on the borderline of the Russian sector of the Caspian Sea.

Расчеты переноса загрязняющих веществ в водных бассейнах играют важную роль в охране природных вод от загрязнения. Для выполнения этих расчетов, как правило, применяются гидродинамические модели [3]. Оперативная гидродинамическая модель Каспийского моря с разрешением 3х3 морские мили используется в Гидрометцентре России с 2001 года для составления прогнозов штормовых нагонов, полей уровня моря и течений [1]. В настоящее время проходит испытания новая модель с разрешением 1х1 морскую милю. Усовершенствование модели позволяет получать более адекватные расчетные характеристики уровня и течений, расширяет возможности ее применения, в т.ч. для решения задач мониторинга и охраны морской среды [2].

Цель настоящей работы состояла в использовании усовершенствованной гидродинамической модели для расчета переноса загрязняющих веществ (ЗВ) между различными секторами и частями Каспийского моря.

Технология, позволяющая осуществлять подобные расчеты, была разработана в КаспМНИЦ совместно с Гидрометцентром в 2013 году. Она базируется на использовании оперативной гидродинамической модели Каспийского моря в связке с наблюдениями, проводимыми в рамках государственных и корпоративных программ мониторинга загрязнения морской среды.

Для экспериментальных расчетов было выбрано два участка на границе российского сектора недропользования Каспийского моря. Один из них находится на границе с казахстанским, другой – с азербайджанским секторами Каспийского моря. Выбранные участки будут также именоваться разрезами «Восточный» и «Южный», так как они совпадают с одноименными пунктами наблюдательной сети в российском секторе Каспийского моря.

Расчеты трансграничного переноса на разрезе «Восточный» выполнялись для периода с 5 по 20 октября 2013 года, на разрезе «Южный» - с 18 часов 14 декабря до 21 часа 15 декабря 2014 года. Выбор указанных промежутков времени определялся наличием данных экспедиционных наблюдений за загрязнением морской среды.

Процедуру расчета трансграничного переноса ЗВ предваряет определение параметров водообмена, выраженных в км^3 : притока воды (b); оттока воды (c); суммарным водообмена ($a = b + c$); результирующего водообмена ($d = b - c$). Для чего протоколом расчетов для каждой ячейки модели, с дискретностью 1 час, было установлено соответствие компонентов скорости течения потокам воды внутрь и за пределы российского сектора Каспийского моря. Далее для каждого участка разграничительных линий, срока и слоя воды оценивались расходы воды внутрь и за его пределы. Полученные данные использовались для расчета суммарных расходов воды (км^3). Величина трансграничного переноса определялась путем умножения суммарного расхода воды (км^3) на концентрацию загрязняющего вещества ($\text{тонн}/\text{км}^3$ или $\text{кг}/\text{км}^3$), измеренную при проведении мониторинга.

Трансграничный перенос так же, как водообмен, характеризовался четырьмя параметрами: суммарным переносом, оттоком, притоком загрязняющих веществ и результирующим переносом (приток минус отток).

Расчет трансграничного переноса ЗВ между российским и казахстанским секторами Каспийского моря осуществлялся в отношении 14 загрязняющих веществ: нефтепродуктов, СПАВ, нафталина, 1-метилнафталина, аценафтилена, аценафтена, меди, свинца, кадмия, ртути, железа, марганца, цинка и никеля.

Наибольший суммарный перенос наблюдался в слое воды от 0 до 5 м, при этом результирующий перенос для большинства загрязняющих веществ, за исключением СПАВ, 1-метилнафталина, аценафтилена и аценафтена, был положительным (приток превышал отток). В слое 5-15 м, напротив, результирующий перенос был отрицательным (отток превышал приток). Также необходимо отметить, что значения суммарного и результирующего переноса существенно варьировали по отдельным участкам разреза «Восточный».

Расчет трансграничного переноса между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря производился в отношении 9 загрязняющих веществ: нефтепродуктов, меди, свинца, кадмия, ртути, железа, марганца, цинка и никеля.

Показатели трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЗВ) между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря в основном определялись характеристиками водообмена. В частности, в слое 0-200 м величина результирующего переноса для всех ЗВ принимала отрицательные значения (отток превышал приток), составляя 6-28% от суммарного переноса. Параметры трансграничного переноса испытывали как горизонтальную, так и вертикальную изменчивость.

Суммарный перенос ЗВ был наиболее интенсивным в восточной и западной частях разреза «Южный», а его величина, как правило, снижалась с глубиной. При этом в слое 10-100 м в основном наблюдался отток ЗВ, в слое 150-200 м – приток, а в слоях 0-10 и 100-150 м – как приток, так и отток ЗВ.

Таким образом, нами продемонстрирована принципиальная возможность использования оперативной гидродинамической модели Каспийского моря в ее усовершенствованном виде для оценки трансграничного переноса загрязняющих веществ на границе российского сектора недропользования Каспийского моря.

Разработанная технология расчета трансграничного переноса загрязняющих веществ с использованием оперативной гидродинамической модели и данных мониторинга за загрязнением морских вод представляет собой яркий пример расширяющегося использования методов и технологий оперативной метеорологии и океанографии для охраны окружающей среды. Ожидается, что на Каспийском море она будет востребована для оценки загрязнения лицензионных участков, находящихся в недропользовании, российского сектора недропользования в целом, других секторов и частей Каспия, а также для разработки локальных, национальных и международных мер по защите морской среды от загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкая О.А. Метод краткосрочного гидродинамического прогноза штормовых нагонов в северной части Каспийского моря и результаты его испытаний / О.А. Вербицкая, О.И. Зильберштейн, С.К. Попов, А.Л. Лобов // Гидрометцентр, Информационный сборник, 2002. – № 29. – С. 76-89.
2. Попов С.К., Усовершенствованная технология прогноза течений и уровня Каспийского моря / С.К. Попов, В.И. Батов, В.В. Елисов, А.Л. Лобов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2005. – № 7. – С. 53-59.
3. Operational Oceanography in the 21st Century / Schiller, Andreas, Brassington, Gary V. (Eds.) – Springer. – 2011. - 450p.

QSAR МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА РИСКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Поромов А. А.*, Соколова С. А., Дмитриева Е. С., Тригуб А. Г., Федотов А. С., Микодина Е. В., Медянкина М. В.

ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии", Москва, Россия, aap1309@gmail.com*

Quantitative Structure-Activity Relationships models allow to predict the toxic properties of the substances based on available toxicity data of structural and functional "homologues". QSAR algorithm describes the steps of substances grouping according to the similarity of physical, chemical and ecotoxicological properties. Structure – toxicity analysis using different mathematical methods is carried out further. Then prediction of toxicological properties on the basis of developed dependencies for substances the experimental data are missing. The analysis includes ecotoxicological data of experiments with marine organisms.

Модели Quantitative structure activity relationship (QSAR) основаны на регрессионном или факторном анализе включающем “независимую” (X) и “зависимую” (Y) переменные, при этом “независимые” переменные подразделены на категории. В моделях QSAR “независимыми” переменными являются физико-химические свойства или особенности молекулярной структуры химических веществ, “зависимой” переменной может быть биологическая (токсикологическая) активность этих веществ. Результатами QSAR моделирования является вид связи (например, уравнение регрессии) между структурными особенностями молекул и биологической активностью группы химических веществ (химический класс). Далее, полученную модель QSAR используют для предсказаний биологической активности новых химических веществ той же группы, на основе имеющихся данных о их молекулярной структуре.

Дескрипторы (независимые переменные) - информация о структуре молекулы и физико-химических свойствах и их использование в QSAR моделях описано в ряде работ

Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) разработаны принципы разделения веществ на химические категории:

- общая функциональная группа (например, фенолы, альдегиды и т.п.)

- общий предшественник или продукт метаболизма, который может возникнуть в результате преобразования структурно-подобных веществ. Этот подход может быть использован для изучения веществ участвующих в общих химических процессах, таких как кислоты - эфиры - соли. (Например, эфиры алкил-метакрилата, которые метаболизируются в метакриловую кислоту)

- гомологичные ряды, молекулы которых отличаются одинаковыми элементами в химической структуре (например, увеличение длины углеродной цепи линейных алканов)

- функционально аналогичные химические вещества аналоги, которые имеют сходные биологические свойства (например, сходные чувствительные тест-объекты, сходные эффекты действия групп пестицидов (pesticidal mode of action)) или физико-химические свойства (например, растворимость, давление пара и т.п.). При этом функциональные аналоги не обязательно являются и структурными аналогами и наоборот.

Общий математический подход к определению химических категорий - использование алгоритмов и индексов сходства. Индексы сходства могут использовать двух- или трехмерную информацию, например, индекс Танимото (также известный как коэффициент Жаккара), Евклидово расстояние, расстояние Хэмминга) и т.п.

Тест-параметры (зависимые переменные) - результаты токсикологических экспериментов и данные о устойчивости веществ в окружающей среде. В качестве исходных данных будут использованы результаты полученные сотрудниками Лаборатории эколого-токсикологических исследований ВНИРО в экспериментах с морскими организмами в соответствии с требованиями «Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», утв. приказом Росрыболовства №695 от 04.08.2009 г. Результаты экспериментов для каждого вещества включают следующие данные:

- Органолептические свойства;
- Показатели самоочищения (численность сапрофитов);
- Простейшие (ЛК₅₀, численность);
- Фитопланктон (ЭК₅₀, численность);
- Высшая водная растительность (ЛК₅₀, выживаемость, рост стебля, побегов и корней);
- зоопланктон (ЛК₅₀, выживаемость);
- зообентос (ЛК₅₀, выживаемость);
- рыбы (выклев, масса и частота сердечных сокращений, тератогенный эффект, раннее развитие рыб, ранний онтогенез, патоморфология, гистология);
- мутагенная активность (тест Эймса).

Поэтапный процесс создания QSAR модели включает:

1. Описание молекулярной структуры вещества, отнесение к определенному классу веществ.

2. Выявление дескрипторов, ими могут служить такие параметры, как строение молекулы, электронные особенности, гидрофобность, липофильность, растворимость, квантово-химические параметры, стерические эффекты и т.д.

3. Подготовка данных - нормализация, стандартизация, поиск ошибок, гармонизация с подходами принятыми OECD и USA EPA.

4. Мультивариационный анализ - Multiple Linear Regression, Self-Organizing Map, Principal Component Analysis, Partial least squares regression и т.д.

5. Статистический анализ (R, R², Q², MSE, RMSE)

Одним и наиболее важным предварительным шагом в создании модели является понимание используемого массива данных, классов исследуемых веществ, физико-химических свойств используемых в анализе. Предварительная проверка данных позволит исключить возможные ошибки, связанные как с экспериментами, так и с процессом подготовки данных. Гармонизация с подходом принятым OECD и USA EPA позволит сравнивать и интегрировать полученные результаты с ранее разработанными QSAR моделями. Гармонизация заключается в выборе сходных дескрипторов и тест-параметров, унификация и стандартизация условий проводимых экспериментов в соответствии с методами OECD и ISO (тест-объект, время эксперимента, температура, освещенность и т.д.).

Принципы валидации QSAR алгоритмов разработаны OECD и включают:

- Определение тест-параметров. Цель первого принципа заключается в четком определении тест-параметров используемых для данной модели.

- Определение используемого алгоритма. Цель второго принципа - обеспечение прозрачности в модели алгоритма и его математическом аппарате, с помощью которых прогнозируют токсические свойства веществ на основе химической структуры и/или физико-химических свойств.

- Область применения. В ходе разработки QSAR модели и анализа базы данных определена область применения, в связи с ограничениями, с точки зрения, типов химических структур, физико-химических свойств и механизмов действия, для которых эта модель может генерировать достоверные результаты (прогнозы).

- Выбор статистических критериев достоверности и надежности прогноза.

- Определение механизма действия группы веществ, входящих в модель. Однако, не всегда возможно, с научной точки зрения, обеспечить механистическую интерпретацию QSAR модели.